

UB Braunschweig

84



10083-080-8

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICH-
TECHNISCHE BÜCHEREI

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PHIL.		DR. PHIL.
EWALD WASSERLOOS	UND	GEORG WOLFF
OBERSTUDIENDIREKTOR		STUDIENDIREKTOR
IN ESSEN		IN HANNOVER

BAND 7

HOPPE
OTTO VON GUERICKE



VERLAG OTTO SALLE * BERLIN 1927

BAND 7

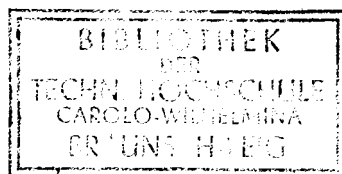
OTTO VON GUERICKE

VON

EDMUND HOPPE
PROFESSOR IN GÖTTINGEN

*

MIT 10 ABBILDUNGEN



OS
V
18
87

VERLAG OTTO SALLE * BERLIN 1927

Alle Rechte vorbehalten.

— — — — —
Copyright by Otto Salle, Berlin 1927.

— — — — —
Den Einband zeichnete Ruth Hoffmann. Breslau.



Druck von C. Schulze & Co., G. m. b. H., Gräfenhainichen.

Vorwort.

Es ist keine vereinzelte Erscheinung, daß Juristen aus der Sandwüste unsachlicher juristischer Formeln, Erquickung für den Geist suchend, auf die blühenden Felder naturwissenschaftlicher und mathematischer Forschung fliehen und ihre Mußestunden für den Fortschritt der Kultur nutzbar machen. Ich nenne da nur den würdigen Bürgermeister von Hamburg, Kirchenpauer, der auf dem Gebiet der Erforschung der Coelenteraten arbeitete, den Bürgermeister Gralath, den Gründer der Naturforschenden Gesellschaft in Danzig und Förderer der Elektrizitätslehre durch sorgfältige Experimente, den Senator von Toulouse, Peter von Fermat, den bedeutendsten Mathematiker Frankreichs im 17. Jahrhundert. Aber sie alle überragt bei weitem der Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke. Es ist nicht zu bezweifeln, daß jene genannten Herren sogenannte „gute Juristen“ waren; denn sie wären sonst wohl nicht in die Stellungen gekommen, welche sie einnahmen, aber sie haben doch keine führenden Rollen in der Weltgeschichte gespielt. Anders bei Otto von Guericke. Er, der in den Wirren des dreißigjährigen Krieges und der nachfolgenden sogenannten Friedenszeit, in welcher die Gewalttätigkeiten einiger Fürsten in Deutschland erfolgreiche Räubereien ausübten, die Geschicke seiner Vaterstadt, die durch Otto den Großen zu einer reichsunmittelbaren Stadt gemacht war, leitete, verstand es, seinen politischen Erfolgen wertvollere Forschungsergebnisse auf physikalischem Gebiete hinzuzufügen. Mit den hervorragenden geistigen Kräften verband er die Vorzüge eines mannhaften deutschen Charakters, der

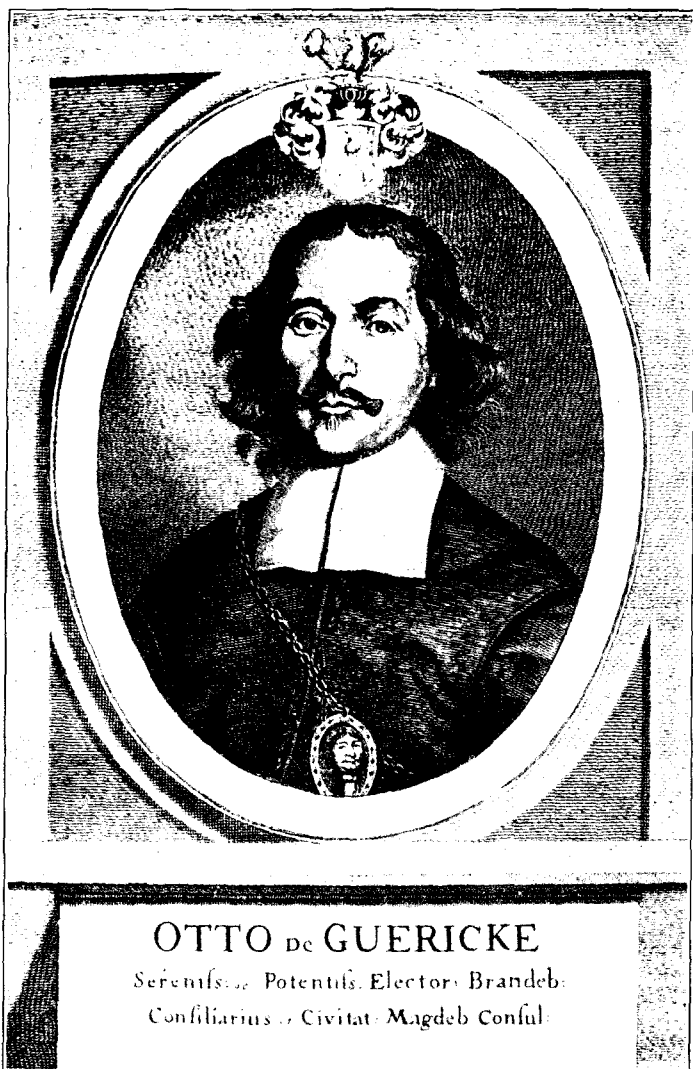
mit treuer Hingabe an die Interessen seiner Heimatstadt brennende Liebe für sein deutsches Vaterland vereinigte. So kann gerade in gegenwärtiger Zeit, wo unser deutsches Volk unter den Folgen eines nicht durch seine Schuld verlorenen Krieges seufzt und nach Männern aussieht, die wieder aus dem Elend hinausführen können, Otto von Guericke's Lebensbild fördernd und erhebend wirken. Daß dabei gerade seine physikalischen Arbeiten in den Vordergrund gestellt werden müssen, ist selbstverständlich; denn hier zeigt er, wie beharrliche Verfolgung einer Idee zu bleibenden Werten führt und trotz äußerlichen Elends sieghaftes Erheben über den Jammer des Alltags ermöglicht. Darum habe ich mich entschlossen, die Aufforderung, Otto von Guericke's Leistungen darzustellen, anzunehmen. Für den Lebensgang des Mannes waren die Arbeiten von Biedersees und Hoffmanns meine Quellen, für seine wissenschaftlichen Leistungen bin ich überall auf die Originalabhandlungen zurückgegangen und habe dieselben zitiert, um neuer Forschung den Weg frei zu machen.

Göttingen, 9. März 1927.

Edmund Hoppe.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
I. Otto von Guericke's Lebensgang und politische Tätigkeit	2
II. Otto von Guericke's wissenschaftliche Lei- stungen	6
1. Die historischen Arbeiten	6
2. Zeitbestimmung der physikalischen Arbeiten	7
3. Die Physik beim Beginn seiner Arbeit	9
4. Torricellis Versuch	11
5. Die Luftpumpe nach Schotts Beschreibung	13
6. Die Entstehung der Experimenta nova	17
7. Die zweite Form der Luftpumpe.	19
8. Inhaltsangabe der Experimenta nova	21
9. Das dritte Buch	22
10. Die ersten Experimente mit der Pumpe	24
11. Die dritte Form der Pumpe	27
12. Luftleeres Wasser	31
13. Verdampfen des Wassers	33
14. Die Flamme im leeren Raum	35
15. Der Schall im leeren Raum	35
16. Lebewesen im leeren Raum	36
17. Das Wasserbarometer	36
18. Die Magdeburger Halbkugeln	39
19. Stärke des Luftdruckes	42
20. Elastizität der Luft	44
21. Boyles Luftpumpe	45
22. Das Manometer	46
23. Guericke's Thermometer	47
24. Guericke's elektrische Arbeiten.	49
25. Die erste Elektrisiermaschine	51
26. Die neuen Entdeckungen mit der Maschine.	53
27. Theoretische Ansichten	54
28. Die einzelnen virtutes	56
29. Erde und Mond	59
30. Kosmische Fragen	60
Schlußwort	63
Sachregister	64
Namenverzeichnis.	66



OTTO de GUERICKE

Sereniss. Potentiss. Elector. Brandeb.
Consiliarius . Civitat. Magdeb. Consul.

Einleitung.

Die großen Männer der Weltgeschichte haben sich in der Regel durch eine einseitige Begabung vor anderen Menschen ausgezeichnet und haben Großes geleistet, indem sie in dieser einen Richtung ihre ganze Kraft einsetzten. Es hat aber auch immer wieder solche Männer gegeben, die eine so umfassende Geisteskraft besaßen, daß sie nach vielen Richtungen tätig sein und auf den verschiedensten Gebieten Bedeutendes leisten konnten. Zu der letzteren Gruppe gehört Otto von Guericke, der sowohl als Staatsmann wie als Naturforscher hervorragende Verdienste sich erworben hat. Seine Wirksamkeit als Staatsmann würde ihm schon einen Platz unter den geschichtlichen Größen gesichert haben, und ebenso kann sein Name nicht vergessen werden, wenn man die Entwicklung der Physik darstellen will. Wenn uns in diesem Büchlein auch seine physikalischen Leistungen besonders interessieren sollen, müssen wir doch auch seine amtliche politische Tätigkeit im Auge behalten, da dies für das Verständnis der besonderen Hemmnisse, welche die wissenschaftliche Arbeit dieses Mannes zu überwinden hatte, notwendig ist. Seine Lebenszeit fällt in die traurigste Periode der deutschen Geschichte und seine Stellung als Bürgermeister der Stadt Magdeburg brachte es mit sich, daß er in den Wirren des dreißigjährigen Krieges und den nachfolgenden Streitigkeiten eine dornenvolle Tätigkeit entfalten mußte. Nicht wie andere gelehrte Forscher konnte er in stiller Zurückgezogenheit seine wissenschaftliche Arbeit treiben; er mußte in dem Strudel politischer Kämpfe, hin und her geworfen durch die wechselnden Konstellationen des Krieges und der politischen Lage, mühsam sich die Zeit erringen, in der er seine naturwissenschaftlichen Studien aus-

führen konnte. Darum ist die Betrachtung seines Lebens und seiner Leistungen in ganz besonderer Weise lehrreich und interessant, da sie zeigt, wie ernstliches Streben nach Erkenntnis auch die größten Hindernisse zu überwinden weiß. Und besonders in der heutigen Lage unseres Vaterlandes, wo es nicht an Schwierigkeiten für aufwärtsstrebende Männer fehlt, kann eine Untersuchung über die Bedeutung Otto von Guericke's auf wissenschaftlichem Gebiet fördernd wirken. Wir stellen uns darum zunächst den Lebensgang dieses Mannes vor Augen, um dann seine wissenschaftlichen Erfolge zu würdigen.

Otto von Guericke's politische Tätigkeit.

Der älteste Stammvater der Familie Gericke, von dem wir wissen, war der um 1315 aus Braunschweig nach Magdeburg einwandernde Wesseke Gericke. Dessen Nachkommen sich in Magdeburg bald zu angesehener Stellung hinaufgearbeitet haben; denn seit 1488 finden sich immer wieder Glieder dieser Familie unter den Ratsherren der Stadt. Der Vater unseres Otto war Hans Gericke, der seit 1587 Kämmerer der Stadt und seit 1608 Schultheiß, das heißt Vorsitzender des Schöffengerichts, in Magdeburg war. Hans Gericke verheiratete sich in zweiter Ehe mit Anna von Zweidorff, sie wurde am 20. November 1602 die Mutter von Otto und blieb, besonders nach dem 1620 erfolgten Tode ihres ersten Mannes, und nachdem sie 1642 zum zweiten Male Witwe geworden war, bis in ihr hohes Alter in inniger Lebensgemeinschaft mit ihrem einzigen Sohne. Otto studierte seit 1617 in Leipzig, dann, als die Kriegsfurie sich der Stadt Leipzig näherte, kurze Zeit in Helmstedt und seit 1621 in Jena, wo er sein juristisches Studium beendete. Einundzwanzig Jahre alt ging Otto nach Leiden 1623, um hier hauptsächlich Physik und angewandte Mathematik zu studieren. Nach seiner mit einem Besuch Englands und Frankreichs verbundenen Rückkehr nach Magdeburg trat er

1626 in das Ratskollegium seiner Vaterstadt ein und verheiratete sich mit Margaretha Alemann.

Als Ratmann hatte er die Festungsanlagen und die städtischen Bauten zu verwalten und hatte alles so wohl vorbereitet, daß die Stadt die Belagerung durch Tilly 1631 fast zwei Monate aushalten konnte und wohl noch bis zum Eintreffen Gustav Adolfs weiter ausgehalten hätte, wenn nicht durch die nachlässige Vertrauensseligkeit des schwedischen Oberst von Falkenberg die ausreichende Bewachung und Verteidigung der Tore unterblieben wäre. Bei der Plünderung durch die Croaten wurde Otto Gericke und seine Familie völlig ausgeraubt und er rettete in des Wortes verwegenster Bedeutung für sich und seine Familie nur das nackte Leben, so daß er erst durch eine Unterstützung von seiten des Fürsten zu Anhalt-Cöthen imstande war, sich in Schönebeck wieder mit Kleidern zu versehen. Nach kurzem Aufenthalt bei seinen Verwandten in Braunschweig trat er im Herbst 1631 in die Dienste Gustav Adolfs und erhielt den Auftrag, die Festungswerke von Erfurt auszubauen. Doch schon im Frühjahr 1632 konnte er nach dem Abzug der Pappenheimer in seine Vaterstadt und sein vom Brande verschontes Haus zurückkehren und wurde beauftragt, als Ingenieur den Plan zum Wiederaufbau der Stadt zu entwerfen und die neuen Befestigungswerke zu bauen; zunächst im Dienste des von Gustav Adolf als Statthalter im Erzstift Magdeburg ernannten Fürsten Ludwig von Anhalt, dann nach dem Prager Frieden 1635 im Auftrage des Kurfürsten von Sachsen.

Seit 1642 finden wir Otto Gericke wieder im Dienst seiner Vaterstadt, zunächst als Kämmerer, aber daneben mußte er fortgesetzt als Gesandter Magdeburgs Missionen an den Kurfürsten, den schwedischen Generalissimus und andere Fürsten ausführen, um die fremden Besatzungen und sonstigen Bedrückungen der Stadt zu beseitigen oder doch zu mildern. In Anerkennung der großen Erfolge seiner politischen Tätigkeit

wurde er 1645 zum Bürgermeister auf Lebenszeit erwählt. Als solcher wurde er Ende 1646 nach Osnabrück zum Friedenskongreß als Vertreter für Magdeburg entsandt. Die außerordentliche Schwierigkeit bei der Vertretung seiner Vaterstadt lag besonders darin, daß der Administrator des Erzstifts Magdeburg, der Sohn des Kurfürsten von Sachsen, die Reichsunmittelbarkeit Magdeburgs nicht anerkennen wollte, sondern sich auf einen Befehl des Papstes Johann XXII. vom Jahre 1325 berief, nach welchem die Magdeburgische Bürgerschaft dem Metropolitan huldigen sollte. Die vom Jahre 940 datierte Urkunde des Kaisers Otto I., worin die Privilegien für Magdeburg gegeben waren, war beim Brande von 1631 verloren gegangen. Aber es gelang Gericke, bei dem Gesandten des Kaisers und den Schweden Hilfe für seine Sache zu finden, so daß er endlich mit dem Erfolg nach Magdeburg zurückkehren konnte, daß in dem am 24. Oktober 1648 unterzeichneten Friedensinstrument der Artikel über Magdeburg lautete: der Stadt Magdeburg soll ihre alte Freiheit und das Privilegium Ottos I. vom 7. Junius 940 . . . erneuert werden, ebenso das von Kaiser Ferdinand II. ihr verliehene Festungsprivilegium . . .

Allein die Ausführung dieses Friedensdokuments entsprach nicht dem Wortlaut des Textes. Der Kaiser war nach dem Vertrage verpflichtet, die Erfüllung der Friedensbedingungen zu überwachen, aber jetzt trat als Gegner Magdeburgs auch der Kurfürst von Brandenburg auf: denn diesem war im westfälischen Frieden das Erzbistum Magdeburg nach dem Tod des Administrators August von Sachsen zugesprochen, und er wünschte Magdeburg nicht als freie Reichsstadt anerkennen zu müssen, sondern wollte es als Landstadt selbst in Besitz nehmen. Den räuberischen Gelüsten der beiden Kurfürsten war Schweden zunächst gegenübergetreten. Als aber 1654 die Königin Christine die schwedische Krone niederlegte und auch Axel Oxenstierna in demselben Jahre starb, verlor Magdeburg den Schutz Schwedens. Der Kaiser, dem Gericke in mehreren Audienzen in Wien die Lage seiner

Vaterstadt vorgetragen hatte, verkannte nicht, daß Magdeburgs Ansprüche gerecht seien, aber er war zu schwach, um seinen Willen gegen die beiden Kurfürsten von Sachsen und Brandenburg durchzusetzen und darum wurde die Entscheidung dieser Frage von Jahr zu Jahr und von Reichstag zu Reichstag verzögert, bis der Kurfürst von Brandenburg ein Heer von 15000 Mann vor die Tore Magdeburgs schickte und die Huldigung der Stadt 1666 erzwang ohne einen Rechtstitel! Aber diese langen Verhandlungen lagen von 1649 bis 1660 dauernd in der Hand Gericke's, so daß er jahrelang in Nürnberg, Wien, Prag, Regensburg die Sache seiner Vaterstadt vertreten mußte.

Der Lebensabend.

Mit dem Jahre 1660 trat in Gericke's politischer Haltung eine Wandlung ein. Er blieb freilich Bürgermeister von Magdeburg, aber ließ sich vom Kurfürsten von Brandenburg zum Rat (Consiliarius) ernennen und Droysen sagt in seiner Geschichte der preußischen Politik, daß er von da an im brandenburgischen Interesse gewirkt habe. Vielleicht hängt das damit zusammen, daß Gericke bei seinem letzten, sieben Monate dauernden Aufenthalte in Wien von dem Präsidenten des Reichshofrats, Graf von Öttingen, erfahren hatte, daß die fortgesetzte Verzögerung der kaiserlichen Bestätigung durch das schriftliche Gesuch des Kurfürsten, der Kaiser möge keine Konfirmation für Magdeburg aussprechen, veranlaßt sei. Da auch der Versuch Magdeburgs, auf dem Reichstage in Regensburg 1663 die Angelegenheit endlich zur Entscheidung zu bringen, durch Brandenburg und Sachsen vereitelt wurde, wird Gericke eingesehen haben, daß alles Bemühen vergeblich sein mußte, weil der Kaiser Leopold nicht die Macht hatte, dem Recht Geltung zu verschaffen. Daß der Kaiser persönlich dem Bürgermeister Gericke sehr wohlgesinnt war, bewies er dadurch, daß er ihn im Januar 1666 in den Adelsstand erhob durch ein Patent, in welchem sein Name Otto von Guericke geschrieben war und in dem ihm und seinen Nachkommen ein

Immunitätsbrief gegeben wurde, d. h. Befreiung von allen Kriegslasten und Abgaben. Seitdem unterzeichnete der Bürgermeister seine amtlichen und privaten Schriftstücke mit Otto von Guericke. Vielleicht hing des Vaters politischer Gesinnungswechsel auch mit der Laufbahn seines einzigen Sohnes, der auch den Namen Otto führte, zusammen. Derselbe war, nachdem er seinen Vater zu den Verhandlungen in Osnabrück begleitet und seine juristischen Studien in Wien mit einer öffentlichen Dissertation abgeschlossen hatte, in den Dienst des Fürsten von Anhalt getreten, um dessen Interessen als Gesandter zu vertreten. Im Jahre 1663 aber trat er in die Dienste des Kurfürsten von Brandenburg und wurde zu dessen Residenten bei dem niedersächsischen Kreise mit dem Wohnsitz in Hamburg ernannt.

Der Bürgermeister führte bis 1676 noch sein Amt als Vorsitzender des Rats weiter, dann aber weigerte er sich, wieder die Leitung des Rates zu übernehmen und nach längeren Verhandlungen wurde ihm die oft erbetene Entlassung gewährt. Als im Jahre 1680 die Pest in Leipzig ausbrach und sich in das Erzbistum Magdeburg ausbreitete, beschloß Otto von Guericke seine Vaterstadt zu verlassen und zu seinem Sohn nach Hamburg zu ziehen, wo er bis zu seinem am 11. Mai 1686 erfolgten Tode in Ruhe bei geistiger Frische aber körperlicher Schwäche lebte. Er wurde provisorisch in der Nikolai-kirche in Hamburg beigesetzt, um später in die Familiengruft in der Ulrichskirche zu Magdeburg überführt zu werden. Jedoch ist diese Überführung vermutlich nie ausgeführt worden: wenigstens existiert keine Urkunde darüber und ein Grabstein in der Ulrichskirche mit dem Namen Guericke bezieht sich auf einen Seitenverwandten.

Guerickes wissenschaftliche Leistungen.

1. Die historischen Arbeiten.

Haben wir im Vorstehenden den Lebenslauf des Staatsmannes Otto von Guericke kennen gelernt, so wenden wir uns

nun seiner wissenschaftlichen Tätigkeit zu: sie war teils historisch, teils naturwissenschaftlich. Seine historischen Arbeiten sind folgende: *Civitatis Magdeburgensis pristina libertas*, das ist Uralt Frei Herkommen der Stadt Magdeburg. Dies Manuskript ist eine sehr sorgfältige Sammlung der Urkunden über die der Stadt von den Kaisern verliehenen Privilegien von Otto I. bis 1630, sowie der Verträge mit den Erzbischöfen: es ist mit einer historischen Einleitung versehen.

2. Eine Geschichte der Stadt Magdeburg in drei Bänden. Der erste Band ist 1816 noch vorhanden gewesen und dann spurlos verschwunden. Der zweite Band war schon 1800 verschollen, er umfaßte die Zeit von 1585 bis 1630; der dritte Band war die Beschreibung der Belagerung, Eroberung und Zerstörung der Stadt durch Tilly und ist 1860 von Hoffmann herausgegeben. Während die *pristina libertas* wahrscheinlich von Otto von Guericke für seine Gesandtschaften nach Osna-brück oder Wien ausgearbeitet ist. Da er in seinen Berichten an den Rat der Stadt häufiger erwähnt, daß er sich besonders die alten Privilegienurkunden verschafft habe, wird er die Geschichte erst in der Zeit seiner größeren Ruhe geschrieben haben, was auch aus dem Hinweis auf spätere Ereignisse geschlossen werden muß.

2. Zeitbestimmung für die physikalischen Arbeiten.

Umfangreicher und bedeutender als diese historischen Arbeiten sind die physikalischen Otto von Guericke's. Wohl habe ich schon bemerkt, daß derselbe in Leiden mathematische und physikalische Vorlesungen hörte, und ein Interesse an der Physik gewann. Allein, wenn man den Lebensgang dieses Mannes überdenkt, so ist bei der Vielseitigkeit seiner amtlichen Tätigkeit und dem jahrelangen Aufenthalt in wohl recht engen Räumen der in den fremden Städten gemieteten Einzelzimmer kaum eine Periode seines Lebens zu finden, wo er zusammenhängender in der Physik hätte arbeiten können. Und doch sind wir imstande, für einige seiner Arbeiten einen Zeitpunkt

anzugeben. In dem „Beitrag zur Geschichte des Herzogtums Magdeburg“ von dem Urenkel Otto von Guericke, dem Regierungsrat von Biedersee, findet sich die Notiz, daß er aus den Apparaten seines Urgroßvaters ein Astrolabium und eine Wasserwaage geerbt habe, welche die von Otto von Guericke selbst eingravierten Inschriften trugen: „Fait par Otto de Guericke, Ingenieur à Magdeburg 1632. Im Jahr nach derselben kläglichen Zerstörung.“ Die Inschrift ist natürlich erst nach seiner Nobilitierung eingraviert. Beide Apparate waren keine neue Erfindung, sondern schon im Altertum bekannt. Aber die von Guericke selbst ausgeführte Konstruktion zeigt uns, daß derselbe damals anfang, selbständig in physikalischen Untersuchungen zu arbeiten.

Nach zwei Richtungen hin hat Guericke bahnbrechend in der Physik gearbeitet, erstens in der Aërostatik, der Untersuchung über die Lufteigenschaften, und zweitens in der Elektrizitätslehre. Die größte Erfindung auf dem ersten Gebiet war die der Luftpumpe und ihre Anwendung bei den noch heute so genannten Magdeburger Halbkugeln, welche Guericke auf dem Reichstage in Regensburg 1652—54 öffentlich vorführte. Nun haben wir aus dem Jahre 1799 einen Brief von dem Professor Chr. Kramp aus Köln an Hindenburg, den Herausgeber des Archivs für die reine und angewandte Mathematik, worin folgender Satz vorkommt: „In Cölln selbst ist bereits eine artige Sammlung physikalischer Sachen: eine Guerickesche Luftpumpe, von ihm selbst gemacht und im Jahre 1641 dem Magistrate von Cölln zum Präsent geschickt.“ Also muß Guericke diese Maschine vor 1641 konstruiert haben. Das würde auch zu den Lebensverhältnissen desselben ganz gut passen. Denn in der Zeit von 1636 bis 1642 lebte Guericke ungestört in Magdeburg, auch nicht durch die Arbeiten für den Rat der Stadt überlastet. Wir werden also wohl in diese Zeit die wesentlichsten Erfindungen desselben setzen dürfen. Dies älteste Exemplar einer Luftpumpe ist nach jenem Zeugnis im Jahre 1799 noch vorhanden und gebrauchsfähig gewesen.

Nachher hat man ihre Spur verloren. Als Dr. G. Berthold 1883 nach der Maschine suchte, war sie in Köln nicht mehr vorhanden und man vermutete, daß sie in der Franzosen-Zeit, wie so vieles andere, mit nach Frankreich verschleppt ist. Wenn man also bisweilen die Erfindungen Guericques in die Zeit des Erscheinens seines berühmten Werkes 1672 verlegt, so ist das sicher falsch, da mit Sicherheit der größte Teil seiner äürostatischen Arbeiten vor 1653 bereits geleistet war.

3. Die Physik beim Beginn der Guericqueschen Arbeiten.

Wenn wir die Verdienste Otto von Guericques würdigen wollen, müssen wir uns klar machen, was man in den beiden Zweigen der Physik, worin er besonders wirkte, vor ihm wußte und lehrte. Mit dem Jahre 1600 beginnt die Neuzeit der physikalischen Forschung. Es war das Jahr, in welchem das Werk W. Gilberts (1540—1603) des Leibarztes der Königin Elisabeth von England, *De magnete*, erschien, in welchem nicht nur der Magnetismus durch viele Entdeckungen zu einem wissenschaftlichen Forschungsgebiet wurde, sondern in welchem auch zum ersten Male der Anfang zu einer Elektrizitätslehre geschaffen wurde. Obwohl diese Verdienste Gilberts außerordentlich groß sind, würden sie allein nicht die Berechtigung uns geben, mit dem Jahre 1600 einen neuen Zeitabschnitt zu beginnen. Aber neben ihm standen noch drei andere Männer, die gleichwertige und vielleicht noch größere Leistungen für die Wissenschaft aufweisen konnten. Das war in Deutschland Joh. Kepler (1571—1630), dessen erstes große Werk der *Prodromus* 1595 erschien, und der nicht nur durch die bekannten Gesetze der Planetenbewegung, sondern auch durch seine mechanischen Arbeiten ein Bahnbrecher der neuen Physik wurde. Ist er es doch gewesen, der das nach Newton benannte Gravitationsgesetz zuerst 1621 ausgesprochen und auf die Planetenbewegung angewandt hat, wenn er auch, durch einen Fehlschluß veranlaßt, schießlich eine andere Form bevorzugte. Als dritter im Bunde erscheint Galileo

Galilei (1564—1642), dessen ersteres größeres Werk 1610 erschien, worin er die Entdeckung der Jupitertrabanten und andere astronomische Beobachtungen, die er dem von ihm selbst nachkonstruierten holländischen Fernrohre verdankte, bekannt machte. Galileis physikalische Großtat war die experimentelle Ableitung der Fallgesetze und die genaue Feststellung des Isochronismus der Pendelschwingungen, an welchen er in der Zeit von 1582 bis 1638 arbeitete. Endlich als vierten nennen wir René Descartes, (1596—1650), der das Brechungsgesetz des Lichtes ableitete und den Anstoß zur Undulationstheorie des Lichtes gab. Zu diesen vier Männern tritt der nur etwas jüngere Otto von Guericke und bearbeitet zunächst ein Gebiet, welches von den Genannten nicht behandelt war, das der Elastizität der Luft.

Daß die Luft schwer sei, war im Altertum bekannt. Aristoteles bemühte sich um 330 v. Chr. vergebens, die Schwere der Luft nachzuweisen, daß bei den Wasserpumpen das Wasser dem Kolben folgt, erklärte er durch ein Anhaften des Wassers an der Luft und der Luft an den Kolben „als ob sie mit Vogel-leim aneinander geklebt seien“. Daher könne nirgend in der Welt ein leerer Raum vorhanden sein. Demgegenüber zeigte Heron 130 v. Chr., daß der Druck der Luft das Wasser im Heber halte. Heron zeigte die Elastizität der Luft dadurch, daß er ihre Zusammendrückbarkeit und Expansionskraft experimentell vorführte, wobei er sich an Vorstellungen anschloß, die von Platon zuerst ausgebildet waren. Während also nach aristotelischer Vorstellung die Natur einen horror vacui habe, der keinen luftleeren Raum zuließ, hat Heron die Herstellung eines künstlich zu erzeugenden luftleeren Raumes ausdrücklich für möglich erklärt, und durch das Experiment nachgewiesen. Während die Heronschen Schriften in Italien im 16. Jahrhundert sehr verbreitet waren, scheint es, daß Guericke sie nicht gekannt hat; denn er ist in seinen Experimenten von Herons Apparaten und Versuchen ganz unabhängig, durchaus im Gegensatz zu vielen seiner Zeit-

genossen, die, wie es schon Leonardo da Vinci getan hatte, wesentlich Heronische Versuche wiederholten und in verschiedenen Anordnungen erweiterten. Wie wenig man aber in die Gedankenreihe Herons eingedrungen war, zeigt die Tatsache, daß Galilei noch 1638 in dem ersten Unterhaltungstag seiner berühmten *Discorsi* bei dem Aristotelischen *horror vacui* zur Erklärung der Wirkungsweise einer Pumpe stehen bleibt. Und als ihm der Pumpenmeister von Florenz mitteilt, daß das Wasser dem Kolben nur bis höchstens auf 18 Ellen nachlaufe, will er das damit erklären, daß die Wassersäule durch ihr eigenes Gewicht abreiße, wie ein Faden durch sein Gewicht zum Abreißen gebracht werden könne! Freilich wurde dann von Galileis Schüler Torricelli sowohl die Schwere der Luft, wie die Möglichkeit, einen luftleeren Raum herzustellen, 1644 bewiesen, aber da Guericke seine erste Luftpumpe 1641 bereits fertig hatte, konnte er die Torricellischen Untersuchungen nicht gekannt haben.

4. Torricellis Versuch.

Vor 1654 war Guericke nachweislich noch nicht mit Torricellis Experiment bekannt geworden. Er erzählt selbst, wie er dasselbe kennen gelernt hat. Da diese Beschreibung nicht nur dadurch interessant ist, daß sie uns zeigt, wie auch damals Gelehrte es nicht verschmähten, sich mit fremden Federn zu schmücken, sondern auch, weil sie uns zeigt, wie überlegen Guericke seine physikalische Forschung anstellte, wollen wir den Wortlaut seiner Mitteilungen hier vollständig geben¹⁾.

„Als ich in Regensburg bei dem Reichstage einigen Kurfürsten, Fürsten und Gesandten eine Anzahl meiner Experimente zeigte und bei der Gelegenheit der geehrte Kapuzinerpater Herr Valerianus Magnus mit mir in Verbindung trat, zeigte er mir ein von ihm selbst, wie er sagte, ausgedachtes Experiment, um ein Vakuum nachzuweisen, welches sich so verhielt.

¹⁾ Experimente nova Magdeburgica de vacuo spatio. III. c. 34. S. 117.

1. Er nahm ein $\frac{6}{4}$ Magdeburger Ellen langes, an einem Ende geschlossenes Glasrohr. 2. Er füllte dasselbe mit Quecksilber, schloß das offene Ende mit dem Finger, kehrte die Röhre um und stellte sie, während der Finger das untere Ende verschloß, in ein mit Quecksilber gefülltes Gefäß. 3. Nun zog er allmählich den Finger ab und siehe, das Quecksilber sank allmählich herab, bis es zu einer bestimmten Höhe gekommen war, nämlich bis auf etwa $\frac{2}{4}$ Ellen. Und in dieser Höhe blieb es ruhig, und fiel nicht weiter, wenn der Finger nicht plötzlich weggezogen war. Wenn aber plötzlich der Finger weggezogen wurde, schwankte das Quecksilber einige Male auf und nieder, ehe es in gleicher Höhe zur Ruhe kam. Der Pater Valerianus sagte, jener von Quecksilber freie Teil am oberen Ende der Röhre sei ein vollständig leerer Raum ohne jeden Stoff, da es nicht möglich sei, daß, während das Quecksilber fiel, ein anderer Körper an seine Stelle getreten sei. Er gab mir auch sein Buch 1. Von einem Ort ohne einen Inhalt. 2. Von einem im Vakuum allmählich bewegten Körper. 3. Von einem in keinen Körper gebannten Licht. Allein ich merkte aus dem Buche selbst, und sah später auch aus anderen Schriftstellern, daß dies Experiment zuerst von dem berühmten Johannes Torricelli, dem Mathematiker des Großherzogs von Etrurien (Toskana) ausgeführt ist.“

Aber Guericke übt sofort an dem Torricellischen Experiment Kritik, er sagt: „Ich zweifle nicht, daß der obere von Quecksilber freie Teil der Röhre fast von aller Luft frei ist, aber nicht vollständig, weil beim Eingießen des Quecksilbers immer an der Innenwand der Röhre einige Luftblasen hängen bleiben, wie der Augensehein zeigt.“ Da diese Luftblasen beim Eingießen, wie er sich bei häufigem Wiederholen des Experiments in Magdeburg überzeugt, nicht vermieden werden können, kommt er zu dem Resultat, daß nur durch Auspumpen der Quecksilbersäule diese Blasen beseitigt werden können, das macht er successive, indem er die Röhre erst nur zu einem Drittel füllt, dann auspumpt, und so fortfahrend eine wirklich nur aus

Quecksilber bestehende Füllung der Röhre herstellt. Dann gibt ihm die Umkehrung des Rohres ein wirkliches Vakuum, aber er meint, mit diesem kleinen leeren Raum könne man keine weiteren Experimente anstellen. Daß in dem leeren Raume alsbald etwas Quecksilberdampf gebildet wird, hat Guericke noch nicht gefunden. Auch auf das bequemere Mittel des Auskochens ist er nicht verfallen, aber das Verdienst, zuerst auf die notwendige Beseitigung der Luftblasen aufmerksam gemacht und ein sicheres Mittel, dies zu erreichen, aufgefunden zu haben, kann ihm keiner streitig machen.

5. Die Luftpumpe nach C. Schotts Beschreibung.

Wir sprachen soeben von Luftpumpen und hatten deren Erfindung vor 1641 angesetzt. Näheres anzugeben ist nicht möglich; denn Guericke hat nicht, wie die Fachgelehrten es zu tun pflegen, alsbald seine Entdeckungen bekannt gemacht. Sein einziges Buch erschien erst, als er 70 Jahre alt war, aber die Erfindung der Luftpumpe und einige andere Entdeckungen Guericques wurden doch schon früher bekannt. Da die in Regensburg den Fürsten vorgeführten Experimente außerordentliches Aufsehen erregten, wurden viele Gelehrte darauf aufmerksam und besonders war es der im Dienste des Kurfürsten und Erzbischofs von Mainz, der auch das Bistum Würzburg verwaltete, stehende Jesuit Caspar Schott, welcher mit Guericke in Verbindung trat und die Erlaubnis erhielt, über Guericques Experimente zu berichten. Er tat es in dem Buche *Mechanica Hydraulico-Pneumatica* 1658. Darin ist die erste uns erhaltene Beschreibung der Luftpumpe Guericques und der Experimente, welche den Fürsten in Regensburg gezeigt waren, enthalten in einem Anhang, der seinem Lehrer Athanasius Kircher, der damals als Professor der Mathematik am Collegium romanum wirkte und als eine wissenschaftliche Autorität ersten Ranges galt, gewidmet war.

Wir sehen aus dieser Beschreibung, daß die Luftpumpe Guericques 1654 eine wesentlich andere Form hatte, als die,



Abb. 1.

welche Guericke in seinem eigenen Werke veröffentlicht hat. Schott hat über die Vorführung der Experimente in Regensburg eine bildliche Darstellung gegeben, die hier in Abbildung 1

nach photographischer Aufnahme dargestellt ist. Ich gebe die Beschreibung in freier Übersetzung des Textes von Schott. Ein großer, gläserner Rezipient C wird mit seinem Halse in einen messingnen Trichter ABD luftdicht eingesetzt. Dieser Trichter hat in seinem Halse einen Hahn E, welcher vertikal



Abb. 2.

durchbohrt ist, und das untere Ende D paßt in eine Öffnung der eigentlichen Pumpe MNJF. Diese besteht aus dem Pumpenstiefel MNJ mit dem Kolben LK und einem kurzen Ansatzrohr J F, zwischen den beiden ist ein Ventil J angebracht, welches nur nach dem Stiefel zu sich öffnen kann. Der Stiefel hat ein zweites Ventil G (in der bildlichen Darstellung ist es verzeichnet, es muß nicht in der Mitte des Stiefels, sondern ganz dicht beim Ansatz J F angebracht sein), welches nur nach

außen geöffnet werden kann. Um überall wirklich luftdichten Abschluß zu erreichen, sind die Ventile und Einsatzstellen alle unter Wasser gesetzt, also der Trichter in A B mit Wasser gefüllt, ebenso die Öffnung F des Ansatzrohres und das Ventil G liegt in dem weiten Wassergefäß. Der Kolben K wird durch den Handgriff L gezogen und geschoben. Zum Betriebe wird E so gestellt, daß C mit D verbunden ist. Dann wird beim Aufziehen des Kolbens das Ventil J geöffnet und die Luft in C verbreitet sich durch ihre Elastizität in den Stiefel, der Kolben wird darauf heruntergedrückt, dann schließt sich J und H G öffnet sich, die im Stiefel vorhandene Luft wird durch H G hinausgedrückt. Diese Arbeit wird mehrere Stunden fortgesetzt; zunächst erfordert das Aufziehen des Kolbens keine große Anstrengung, aber diese wird fortgesetzt größer und schließlich können zwei starke Männer nur mit Anstrengung den Kolben herausziehen. Alsdann schließt man den Hahn E ab, setzt den Rezipienten mit dem Ende D in ein Wassergefäß X (Abbildung 2), öffnet E und sieht nun, wie das Wasser aus X wie ein Springbrunnen in C eindringt und den Rezipienten, welcher 27 Einheiten groß war, bis zu $26\frac{1}{4}$ Einheiten füllt. Ein anderer evakuierter Rezipient von 20 Einheiten wird auf dieselbe Weise soweit mit Wasser gefüllt, daß nur der Raum einer Haselnuß übrig bleibt. Ferner wird der große Rezipient vor der Evakuierung und nach derselben gewogen; er hat $1\frac{3}{10}$ Unzen an Gewicht verloren, das war also das Gewicht der ausgedumpten Luft.

Man sollte meinen, diese Experimente seien hinreichend gewesen, den Beweis zu liefern, daß die Luft schwer ist und daß man die Luftleere durch die Pumpe herstellen könne, zumal Guericke in Regensburg schon darauf aufmerksam gemacht hatte, daß die völlige Entleerung nicht möglich sei, weil in dem Raume von E bis J Luft zurückbleibe. Später ist dieser Raum bei der Kolbenluftpumpe als der „schädliche“ Raum bezeichnet worden. Aber Schott ist Aristoteliker und leugnet deshalb die Möglichkeit, einen luftleeren Raum herzustellen.

Der horror vacui, der in der ganzen Natur herrsche, ließe das nicht zu. Um seine Ansicht zu stützen, wendet sich Schott an andere Autoritäten. Er erhält von A. Kircher folgende Antwort: „Ich bin erstaunt, was jenen Leuten in den Sinn gekommen ist, daß sie es wagen, hier von einem Vakuum zu sprechen, wo das Experiment selbst hinreichend beweist, daß kein Vakuum dort ist . . . Denn wenn dort ein Vakuum ist, so frage ich, was macht denn die große Schwierigkeit des Pumpens? Doch sicher nicht die Luft, die wollen sie ja ausgezogen haben, also nichts anderes als das, was nach dem Auspumpen der Luft übrig blieb. Aber wer kann anerkennen, daß ein Nichts Widerstand leiste.“ . . . Dann fügt er hinzu, er habe keine Zeit, diese Maschinen gründlich zu besprechen, aber Schott möge das nur selbst ausführlich tun, er sei dazu am geeignetsten. Ähnlich so sprechen sich die Jesuiten Zucchius und Melchior Cornaeus aus. Wir sehen, Guericke hatte keinen leichten Stand diesen Aristotelikern gegenüber, welche damals noch die meisten Hochschulen besetzt hatten.

6. Die Entstehung der *Experimenta nova*.

Schott hatte sich auch wiederholt mit einigen Fragen an Guericke gewandt und von ihm einige Vorsichtsmaßregeln bei der Ausführung der Experimente erhalten. (Guericke sagt da am 18. Juni 1656 unter anderem²⁾: Der wesentliche Nutzen seiner Experimente sei, daß er die Schwere der Luft messen könne und genau die Höhe angeben, bis zu welcher Wasser in einer evakuierten Röhre durch den Luftdruck gehoben werde. Endlich habe er dadurch die Möglichkeit, die Ursache von Wind und Wolkenbildung zu erfassen und habe seit jener Vorführung in Regensburg große Fortschritte in dieser Richtung gemacht. Er werde durch Briefe von verschiedenen Interessenten über die Experimente befragt, da sei es ihm will.

¹⁾ Schott, l. c. S. 452.

²⁾ l. c. S. 454ff.

kommen, wenn Schott dieselben publiziere. Auf die Frage Schotts, ob nicht die Weite der Röhren einen wesentlichen Einfluß hätten, antwortet Guericke, daß es ganz gleichgültig sei, ob man eine enge Röhre oder ein weites Gefäß nehme, es komme nur auf die Höhe an. Diese und ähnliche Fragen auch von anderer Seite zeigten Guericke, daß es notwendig sei, seine Untersuchungen selbst zu veröffentlichen und seine Anschauungen über physikalische Fragen gegenüber den aristotelischen Dialektikern zu begründen. Es war diese Erkenntnis wohl mit ein Grund, daß er dringend bat, die Vertretung seiner Stadt in den politischen Verhandlungen niederlegen zu dürfen. Endlich wurde ihm 1660 die Rückkehr in sein Haus und zu seinen Geschäften ermöglicht und er hat hinfort keine auswärtigen Vertretungen mehr übernommen. Nun benutzte er alle freie Zeit, sein wissenschaftliches Werk zu schreiben. So entstand das Buch *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica*, eine Bezeichnung, die C. Schott eingeführt hatte. Guericke sagt in der *Praefatio ad Lectorem*, daß es nicht seine Absicht gewesen sei, ein gelehrtes Buch zu schreiben, aber die schiefe Darstellung seiner Experimente durch verschiedene Autoren zwängen ihn, seine Anschauungen selbst darzulegen. Er hebt von vornherein den Gegensatz seiner Methode gegen die sonst übliche energisch hervor. „Es solle sich zeigen, wie sehr alle Philosophie, wenn sie nicht durch Experimente gestützt sei, leer, trügerisch und unnütz sei und welche Monstra selbst von den größten und fähigsten Philosophen ohne die Erfahrung erzeugt werden. Denn die Erfahrung allein ist die Löserin aller Zweifel, die Beraterin in allen Schwierigkeiten, die einzige Lehrerin der Wahrheit, Licht bringt sie in die Dunkelheiten, die Knoten löst sie und die wahren Ursachen lehrt sie finden.“

Am 14. März 1663 hat er das Manuskript beendet, aber die Verhandlungen mit dem Verleger Jansonius van Waesberge in Amsterdam und die Herstellung der Kupfer verzögerten die Herausgabe bis 1672. So kam es, daß C. Schott mit einem

zweiten Werke, *Technica curiosa sive mirabilia artis* der Guericqueschen Veröffentlichung zuvorkam und in dem 1. Buche dieser umfangreichen Arbeit die Experimente Guericques in erweiterter Form nach Briefen des Erfinders bekannt machen konnte¹⁾). Dieses erste Buch der Schottischen Technik ist um deswillen wichtig, weil es die Daten der Briefe angibt, welche Guericke ihm über seine Apparate geschrieben hat. Dadurch ist es möglich, die Priorität Guericques festzustellen gegenüber anderen Experimentatoren, welche sich, nach dem die Vorführungen auf dem Regensburger Reichstage weithin bekannt geworden waren, auch mit der Luftpumpe beschäftigten. Am wichtigsten sind die Briefe vom 31. Juli 1655, 8. Juni 1656 und 22. Juli 1656, weil darin Experimente erwähnt sind, welche in ganz ähnlicher Form von R. Boyle in seinem Buche: *Nova experimenta physico-mechanica* mitgeteilt sind²⁾). Es ist auffallend, daß in englischen Büchern nach dem Vorgange Priestleys oft zu lesen ist, daß Boyle die Luftpumpe erfunden habe, während er selbst sagt, daß er durch das Buch von Schott mit der Erfindung Guericques bekannt geworden sei.

7. Die zweite Form der Luftpumpe.

In der Technik Schotts finden wir dann auch eine zweite Form der Luftpumpe, die Guericke selbst in seinem Werke nicht erwähnt, sie zeichnet sich vor der ersten Form dadurch aus, daß der Pumpenstiefel L vertikal steht und die beiden Ventile D und Q in dem oberen Deckel des Pumpenstiefels dicht nebeneinander liegen. (Abbildung 3.) D verbindet das zum Rezipienten führende Rohr F mit dem Stiefel, während Q nach oben ausschlägt, wenn die Luft beim Aufsteigen des Kolbens aus dem Stiefel herausgedrückt wird. Eine wesentliche Verbesserung besteht in der Anwendung eines Hebels zur Auf-

¹⁾ *Technica curiosa* P. Casparis Schotti. S. I. Nürnberg 1664.

²⁾ *New experiments Physico-mechanical.* Oxford 1662. Die lateinische Ausgabe ist 1661 erschienen.

und Abbewegung des Kolbens. Auch bei dieser Pumpe waren beide Ventile unter Wasser, um luftdichten Schluß zu erzielen. Hier gibt Schott auch zuerst das Experiment mit den zwei evakuierten Halbkugeln an, welche durch 20 Pferde nicht auseinandergezogen werden konnten (S. 40) und andere Versuche, welche Guericke selbst in seinem Werke beschreibt. Welchen Eindruck die Guericke'schen Experimente auf seine



Abb. 3.

Zeitgenossen machten, dürfen wir aus den Briefen schließen, welche Schott, ursprünglich ein Anhänger des Aristoteles, in seiner *Technica* nach Empfang der Briefe von Guericke schreibt: *ut fateri ingenue, audacterque pronuntiare non dubitem, nihil me unquam in eo genere mirabilius aut vidisse, aut audivisse, legisseve, aut mente concepisse; nec puto, similia unquam, nedum mirabiliora, a condito Orbe Solem lustrasse. Idem est Magnorum Principum, Virorumque doctissimorum, quibus ea communicavi, atque explicavi, judi-*

8. Inhaltsangabe der Experimente nova. Buch 1. u. 2. 21

cium¹⁾ (sodaß ich kein Bedenken trage, offen zu bekennen und unbeirrt zu verkündigen, daß ich niemals etwas Wunderbareres auf diesem Gebiete gesehen, gehört, gelesen oder mit dem Verstande erfaßt habe; auch glaube ich, die Sonne hat niemals etwas Ähnliches, geschweige denn Wunderbareres seit Erschaffung der Welt beschienen. Das ist auch das Urteil aller großen Fürsten und gelehrtesten Männer, denen ich diese Experimente mitgeteilt und erklärt habe). Diese Bewunderung bezieht sich auf die Experimente, welche Guericke mit der Luftpumpe und über die Elastizität der Luft machte. Das übertragende Interesse für diese Dinge veranlaßte ihn auch, sein Werk lediglich hiernach zu benennen²⁾, obwohl es noch viele andere Sachen enthielt, wie wir uns jetzt überzeugen wollen.

8. Inhaltsangabe der Experimente nova. Buch 1. u. 2.

Das Werk zerfällt in sieben Bücher. Das erste hat den Titel: De systemate mundi. Das Weltsystem beschreibt Guericke an der Hand der Literatur von den Ansichten des Pythagoras bis zu den von Huygens 1659 herausgegebenen Buche über das Saturnsystem, in welchem der Ring des Saturn entdeckt war. Er gibt eine ausführliche Darstellung des Ptolemäischen, Kopernikanischen und Tychonischen Systems und erklärt sich für das Kopernikanische, welches allein allen Beobachtungen genüge. Wunderbarerweise scheint er Keplers Gesetze nicht gekannt zu haben, er erwähnt von ihm nur die Epitome. Er scheint in dieser historischen Darstellung in einer gewissen

¹⁾ Technica curiosa. Prooemium S. 3.

²⁾ Der vollständige Titel lautet: Ottonis de Guericke experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio primum a R. P. Caspares Schotto, e societate Jesu, et Herbiopolitanae Academiae Matheseos Professore: nunc vero ab ipso Auctore perfectius edita, variisque aliis Experimentis aucta. Quibus accesserunt simul certa quaedam de Aeris pondere circa terram; de virtutibus mundanis, et systemate mundi planetario; sicut et de stellis fixis, ac spatio illo immenso, quod tam intra quam extra eas funditur. Amstelodami. Apud Ioannem Iansonium a Waesberge, Anno 1672. Cum privilegio S. Caes. Majestatis.

Abhängigkeit von A. Kircher zu stehen. Er gibt freilich bisweilen auch seine eigenen Meinungen, doch stellt er sich dabei oft auf die verkehrte Seite, so z. B. bei den Sonnenflecken, die er als kleine Planeten unterhalb des Merkur ansehen will. Neue Entdeckungen sind in diesem Buche nicht enthalten.

Im zweiten Buche: über den leeren Raum, bietet Guericke schon mehr Eigenes. Zwischen den Himmelskörpern ist leerer Raum, aber man kann keinen Ort absolut, sondern nur relativ bestimmen, da er immer nur durch die Entfernung von anderen Orten angegeben werden kann. Ebenso ist auch die Zeit nie absolut zu messen, sondern auch nur relativ, und zwar geben wir die Zeit nur nach der Dauer des Umlaufs der Erde um die Sonne an. Er widerlegt dann die seit Aristoteles bestehende Meinung, daß es keinen leeren Raum gebe und lehnt die philosophischen Gründe gegen den leeren Raum ab. Ebenso ist es auch eine sehr müßige Frage nach dem „Himmel der Seligen“. Denn Gott kann nicht durch den Weltraum erfaßt werden und: „qui Deum elementem habebit, habebit una coelam.“ (wer einen gnädigen Gott hat, der hat damit auch den Himmel) der physikalisch-astronomische Himmel hat mit dem religiösen nichts zu tun, aber in dem unendlichen Raum sind die Weltkörper. Da handelt es sich um verschiedene Größen. Alle Körper sind aus Atomen aufgebaut, die wohl kleiner sind als die Teilchen, welche wir durch optische Hilfsmittel sichtbar machen können, aber nicht unendlich klein.

9. Das 3. Buch.

Im dritten Buche kommt Guericke nun zu den eigenen Experimenten, deren Beschreibung er im ersten Kapitel aber eine theoretische Auseinandersetzung vorausschickt über das Wesen der Luft. Natürlich ist der wirkliche Vorgang bei seiner Arbeit der umgekehrte gewesen. Er hat erst die Experimente gemacht und daraus seine theoretischen Ansichten abgeleitet, wie er das auch im Verlauf der Beschreibung mehrfach betont. Das erste Kapitel kann also als Zusammenfassung

der wissenschaftlichen Ergebnisse seiner experimentellen Untersuchung aufgefaßt werden. Ich gebe daher den Inhalt mit den Worten Guericques selbst. Hatten die Naturphilosophen Griechenlands die Luft als ein Element behandelt, welches mit den drei anderen, Erde, Wasser, Feuer, die ganze Welt aufbaue, so unterscheidet Guericke verschiedene Luftarten, aber sie alle sind etwas Körperliches, sehr dünn und fähig, sich auszudehnen und auszubreiten. Er unterscheidet aer (Luft) und odor (Gas) als Luftarten; ihm fehlt noch die gemeinsame Bezeichnung Gas, welche von van Helmont um dieselbe Zeit eingeführt ist. Die aus den Körpern, besonders aus Flüssigkeiten, welche in Gärung oder Fäulnis übergehen, ausströmenden Gase (odor vel expiramentum) mischen sich mit den unteren Schichten der Luft, aber die Luft selbst kann nicht damit verwechselt werden. Wenn z. B. Flüssigkeiten durch die Wärme der Sonne oder des Feuers in die unteren Schichten der Luft verflüchtigt werden, können sie durch Kondensation wieder zu Flüssigkeiten werden. Luft dagegen wird nicht Wasser, sondern bleibt Luft. Sie hat die Fähigkeit durch Erwärmung ausgedehnt, durch Abkühlung zusammengezogen zu werden, also leichter und schwerer zu werden; aber neben dieser allen Körpern gemeinsamen Eigenschaft hat sie auch diese, daß sie durch Druck mehr und mehr verdichtet und durch Darbietung eines größeren Raumes ausgedehnt werden kann. Die Kondensation der Luft läßt sich in hinreichend festen Metallbehältern so weit treiben, daß sie flüssig wird, andererseits dehnt sich eine Nadelkopf große Luftkugel im luftleeren Raum auf das Hundertfache Volumen aus und wird schließlich zu einem Nichts.

Die gesamte Luft, welche die Erde umgibt, ist eine Hülle körperlicher Beschaffenheit um die Erdkugel, sie hat Schwere und drückt daher sich selbst, so daß sie in den tieferen Schichten erheblich dichter ist als in den höheren. So haben wir auf Bergen ein geringeres Gewicht der Luft. Die Luft drückt aber auch auf alle Körper mit demselben Gewicht wie sich selbst.

Daß wir diesen Druck nicht fühlen, kommt daher, daß wir von allen Seiten gleichmäßig gedrückt werden und die Luft auch in unsere Körper selbst eindringt. Dies Gewicht der Luft ist gleich dem einer etwa 20 Magdeburger Ellen hohen Wassersäule. Man muß sagen „etwa“, weil das Gewicht nicht immer dasselbe ist; wenn Regen fällt, ist die Luft leichter. Die Luft enthält in ihren unteren Schichten immer mehr oder weniger Wasser verflüchtigt, wie das z. B. die im strengen Winter in der Luft sich bildenden glitzernden Atome zeigen, wo die in der Luft verteilten Wasserteilchen frieren und so ausgeschieden werden. Daß die Luft durch Erwärmung leichter wird, ist auch die Ursache davon, daß die Flamme, Dampf und Rauch aufwärts steigen. Nicht ist das Aufsteigen durch eine den Dingen eigentümliche Leichtigkeit veranlaßt (wie Aristoteles lehrte), sondern durch den Druck der umgebenden kälteren Luft wird die wärmere und daher leichtere in die Höhe gedrückt. Dieser Druck bedingt auch, daß der von einem Körper verlassene Raum alsbald von Luft erfüllt wird. (Damit beseitigt Guericke den horror vacui, der bei Galilei noch eine so große Rolle spielte.)

10. Die ersten Experimente mit der Pumpe.

Wie Guericke nun zu diesen seine Zeit weit überragenden Anschauungen kam, zeigen die folgenden Kapitel, in welchen er uns einen Einblick gestattet in die Art seines Fortschreitens in den Untersuchungen. Bei seinem Nachdenken über den unendlichen Raum, den er als leer voraussetzte, kam er zu der Überzeugung, daß es möglich sein müßte, einen leeren Raum dadurch herzustellen, daß er ein mit Wasser gefülltes Faß durch eine in den Boden eingeführte Röhre auspumpte, dann müßte an Stelle des Wassers in dem Faß ein leerer Raum entstehen. Um das zu erweisen, stellte er aus einem Messingrohr, wie es bei einer „Messingnen Feuersprutz“ gebraucht wurde, eine Pumpe her, indem er an dem unteren Ende zwei Lochventile anbrachte, von denen das im Boden befindliche nach

innen, das seitlich am Rohr angebrachte nach außen schlug. Das Rohr war sorgfältig ausgedreht, so daß der Kolben luft- und lichtdicht schloß. Das Messingrohr wurde durch einen starken Eisenring mit vier Schraubenlöchern vor das Bodenloch des Fasses am Fasse festgeschraubt und nun versuchten zwei

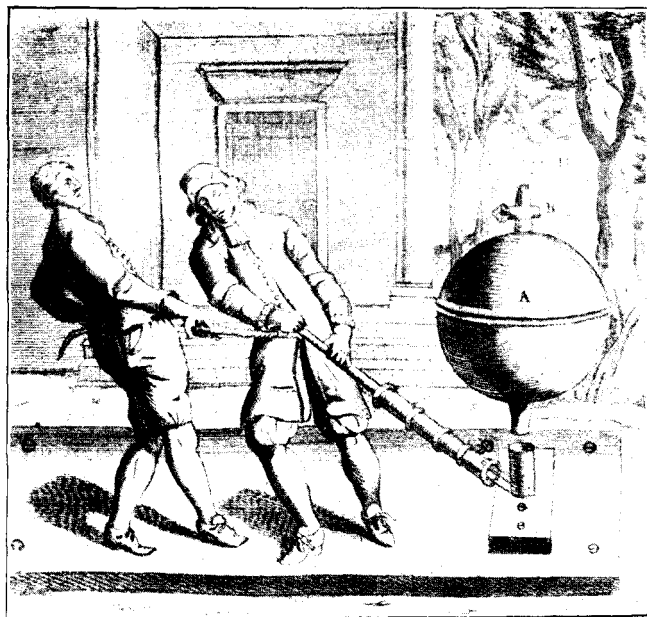


Abb. 4.

Männer den Stiel des Kolbens herauszuziehen, allein es gelang nicht, die Schrauben rissen eher aus, als daß das Wasser dem Kolben gefolgt wäre. Nachdem er die Befestigung des Pumpenrohres wesentlich verstärkt hatte, gelang es dreistarken Männern, den Kolben zu ziehen und so Wasser auszupumpen: aber dann wurde in allen Teilen des Fasses ein Geräusch gehört wie von kochendem Wasser und schließlich stellte sich heraus, daß

an Stelle des Wassers nun Luft die Tonne füllte, daß also durch das Holz und die Fugen Luft in die Tonne eingedrungen war. Guericke änderte den Versuch nun so ab, daß er ein kleines Faß mit dem verlängerten Pumpenrohr in ein größeres stellte, beide mit Wasser füllte und nun das kleine Faß leerpumpte. Als am Abend des Tages die Arbeit eingestellt und alles ruhig geworden war, hörte man ein bisweilen unterbrochenes Tönen wie von einem zwitschernden Vogel, das dauerte drei Tage. Als dann das Faß geöffnet ward, fand man es mit Wasser und Luft nahezu ganz gefüllt. Damit war bewiesen, daß Holzgefäße für solche Versuche ungeeignet seien.

Darum ließ sich Guericke nun eine kupferne Hohlkugel machen (Abbildung 4), die oben einen Hahn B hatte und unten mit seinem Pumpenstiefel verbunden war. Aus dieser Kugel wollte er nun die Luft auspumpen. Zunächst ließ sich der Kolben ganz leicht bewegen, aber bald wurde es schwierig, so daß zwei Männer kaum imstande waren, den Kolben herauszuziehen. Während sie sich noch abmühten, wurde plötzlich die Kugel mit lautem Knall so zusammengedrückt, „wie ein leinenes Tuch in der Hand“. Die Ursache dieser Katastrophe sieht Guericke darin, daß der Handwerker die Kugel nicht sorgfältig rund gemacht habe; denn bei vollständiger Kugelgestalt hätten sich die Teile gegenseitig so gestützt, daß der Luftdruck sie nicht zusammengedrückt hätte, wenn aber eine ebene Stelle da war, konnte sie den Druck nicht aushalten. Er ließ nun eine bessere Kugel herstellen und wiederholte den Versuch. Als er glaubte, die Kugel leer gepumpt zu haben, öffnete er den Hahn B, nun drang die äußere Luft mit solcher Kraft in die Kugel, als wollte sie einen dabeistehenden Menschen mit sich reißen und es war gefährlich, die Hand über den Hahn auszustrecken, so stark wurde sie angezogen. Als Guericke aber eine solche evakuierte Kugel ein bis zwei Tage stehen ließ, zeigte sich die Kugel wieder mit Luft gefüllt. Es mußte also der Kolben in der Pumpe, die Ventile und der Hahn nicht vollständig schließen.

Um das zu erreichen, stellt er nun den Apparat in Wasser und ließ auch den Hahn durch Wasser dichten. So entstand die Anordnung wie sie C. Schott beschrieben hat (siehe oben S. 14).

Wann Guericke zu der zweiten Art der Luftpumpe, die ich oben erwähnt habe, übergegangen ist, läßt sich nicht genau feststellen. Vermutlich aber schon in den fünfziger Jahren. Denn er hat bei Experimenten, die unten noch beschrieben werden und die er in Regensburg vorführte, häufiger erwähnt, daß er einen Rezipienten sehr schnell evakuiert habe. Mit der ersten Form war eine schnelle Entleerung aber nicht möglich, er gibt einige Male an, daß man mehrere Stunden habe arbeiten müssen, um die Luft aus einem Rezipienten zu ziehen. Der Betrieb mit dem Hebelarm war aber sehr schnell zu erledigen. Das paßt auch zu der Bemerkung, welche Guericke zum Beginn des 4. Kapitels in dem 3. Buche macht, wo er die von Schott dargestellte Maschine ausdrücklich als seine Konstruktion anerkennt. Er sagt, diese Maschinen seien sehr schwer zu transportieren gewesen, das läßt sich auf die erste Art kaum anwenden, denn die eigentliche Pumpe konnte sehr bequem von dem Wassergefäß abgebaut werden und beide waren einzeln nicht schwer zu transportieren, während die zweite Art allerdings ein sehr unhandliches Reisegepäck sein mußte, da eine Auseinandernahme der Teile kaum möglich war. Diese Unhandlichkeit veranlaßte Guericke, die dritte Form der Luftpumpe zu bauen.

11. Die dritte Form der Pumpe.

Der Kurfürst von Brandenburg war offenbar, als Guericke in Regensburg seine Experimente zeigte, schon abgereist. Guericke sagt in einem Briefe ausdrücklich, es seien schon viele Reichsstände abgereist gewesen, als er seine Experimente vorführte. Nun hatte der Kurfürst von diesen Experimenten gehört und Guericke gebeten, ihm dieselben in Berlin zu zeigen. Darum konstruierte unser Bürgermeister eine Maschine, die

leicht beweglich war, und schenkte sie mit den Halbkugeln dem Kurfürsten. Dieser hatte 1661 die Kurfürstliche Bibliothek eingerichtet und in dem ersten Katalog dieser Bibliothek vom Jahre 1668 werden die Halbkugeln unter den Raritäten und Kuriositäten aufgeführt. Es ist natürlich, daß die Halbkugeln ohne Pumpen keine Bedeutung hatten, es muß also damals die Pumpe auch schon in Berlin gewesen sein. Da aber beides in die Raritätenabteilung gesetzt war, ist wohl anzunehmen, daß sie sehr viel früher schon in Berlin waren. Wohl bald nach 1654 (Regensburg) muß nach dem ganzen Zusammenhang diese dritte Form entstanden sein. Ich lege auf diese historische Feststellung um deswillen solchen Wert, weil hin und wieder auch in deutschen Büchern behauptet wird, daß diese dritte Form erst nach Boyles Untersuchungen entstanden sei mit Anlehnung an Boyles Maschine, die 1661 durch die lateinische Ausgabe seines Werkes erst allgemeiner bekannt geworden ist. Warum eine solche Abhängigkeit nicht vorhanden ist, wird unten auseinandergesetzt. Diese Berliner Pumpe ist 1889 dem physikalischen Institut der Universität überwiesen und von Kundt nach Vornahme einer kleinen Reparatur der physikalischen Gesellschaft vorgeführt. Man konnte damals eine Luftverdünnung bis zu 30 mm Quecksilberdruck mit der Pumpe erreichen. Nach Errichtung des deutschen Museums in München, welches durch die Güte des Geh. Kommerzienrates Arnold in Magdeburg eine Kopie der Berliner Pumpe besaß, gelang es nach längeren Verhandlungen, das Original der Münchener Sammlung einzuverleiben, unter Überlieferung jener Nachbildung an das physikalische Institut in Berlin.

Ein zweites Exemplar der Guerickeschen Pumpe dritter Form gehört dem physikalischen Institut der Technischen Hochschule in Braunschweig. Es ist verschiedentlich bezweifelt, ob diese Pumpe wirklich eine von Guericke selbst hergestellte sei, weil sie aus dem Nachlaß des Helmstedter Professors Beireis, der 1809 starb, herrührte und es zweifellos

ist, daß Beireis in seiner berühmten Sammlung von seltenen Dingen neben manchem echten auch allerlei Nachgemachtes

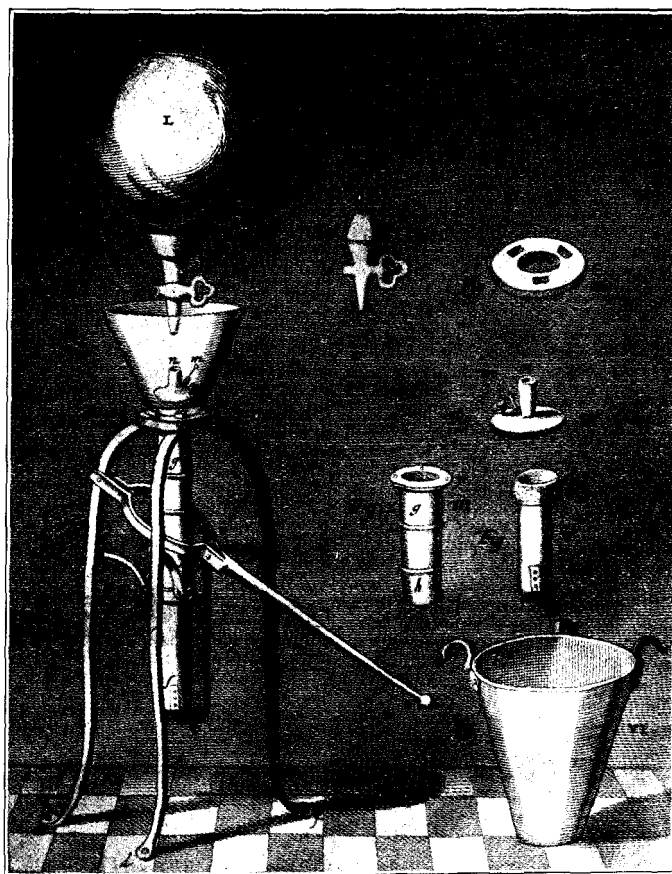


Abb. 5.

und Gefälschtes aufgenommen hat. Aber es steht fest, daß der Urenkel Guerickes, der Regierungsrat von Biedersee in Magdeburg, welcher 1790 starb, bei der Teilung des Nachlasses

seines Urgroßvaters unter anderen Apparaten auch die Luftpumpe geerbt hat, wie er ausdrücklich in seinem Beitrag zur Geschichte des Herzogtums Magdeburg bezeugt. Ebenso steht fest, daß diese Erbschaft nach dem Tode des Regierungsrates zerstreut, wahrscheinlich einzeln verkauft ist und nach sorgfältiger Nachforschung von Professor Ahrens ist kein Zweifel, daß die Braunschweiger Pumpe echt ist, bis auf einige kleinere Teile, die repariert sind.

Endlich führte eine Spur für eine dritte Guerickesche Pumpe nach einer Dissertation aus dem Jahre 1734 nach Schweden. Demnach hat Dr. Heraeus die für den Kurfürsten von Sachsen bestimmte Maschine an sich gebracht und nach Schweden geführt, dort ist sie 1726 bei Versuchen von Professor Triewald benutzt und 1734 in Lund gewesen. Nachforschungen in Schweden waren zunächst vergeblich gewesen, aber es gelang dem Grafen Klinckowstroem 1916 die Pumpe in Lund aufzufinden. Alle drei noch vorhandenen Guerickeschen Luftpumpen weichen in Einzelheiten von der in den *nova experimenta Magdeburgica* gegebenen Abbildung etwas ab, die schwedische am wenigsten. Das ist nun nicht auffallend; denn Guericke stellte die Pumpen nicht fabrikmäßig her, sondern, wie er in dem Briefe an Schott von 1655 sagt, arbeitete er fortgesetzt an der Vervollkommnung seiner Apparate, „wozu die Erfahrung bei den Versuchen trieb“.

Diese dritte Form der Pumpe (Abbildung 5) zeigt sofort, daß sie eine systematische Weiterbildung der zweiten Form ist. Auf dem eisernen Dreifuß liegt oben die Platte *bc* (Fig. 2), auf welcher der Pumpenstiefel *gh*, mit dem Bleirande *y* (Fig. 3) und dem Deckel *mn* (Fig. 4) fest verschraubt, ruht; *n* ist ein konisches Rohr, in welches der Hahn *qr* (Fig. 7) eingesetzt werden kann. Am unteren Ende ist dies Rohr *n* durch ein Lederventil, welches nur nach unten aufklappen kann, verschlossen. Daneben liegt das Ventil *z*, welches nur nach außen sich öffnen kann. Um eine seitliche Verschiebung des Pumpenstiefels zu verhindern, ragt das untere Ende desselben in

einen Eisenring h k (Fig. 1), der durch die Arme o o o mit dem eisernen Dreifuß fest verbunden ist. Der Kolben h f (Fig. 5) ist durch das Gelenk t mit dem Hebelarm w a durch eine vertikale Stange verbunden, so daß er durch den Hebel in dem Stiefel aufwärts und abwärts bewegt werden kann. Um auch bei dieser Pumpe die Ventile und Hähne luftdicht schließen zu können, hat Guericke die Wasserdichtung beibehalten. Auf die Arme o wird der Eimer (Fig. 6), mit Wasser gefüllt, aufgehängt, dadurch wird der Kolben gedichtet und auf den Deckel b c wird das Gefäß fest aufgesetzt und mit Wasser gefüllt, dadurch sind n und z und der Hahn q r gedichtet. Auf den Hahn q r wird der Rezipient L mit der Messingfassung pp aufgesetzt.

Wenn nun der Kolben heruntergezogen wird, entsteht in dem Stiefel ein leerer Raum, dann wird die im Rezipienten vorhandene Luft durch ihre Elastizität das Ventil unter n öffnen und in den leeren Raum des Stiefels eindringen. Gegen Ende der Evakuierung aber hat das Minimum von Luft in dem Rezipienten nicht mehr die Kraft das Ventil n, das durch eine Feder gegen den Deckel gedrückt wird, zu öffnen, darum bringt Guericke zwischen z und n noch eine Einrichtung m an, die gestattet das Ventil n beliebig zu öffnen, so daß auch der letzte Rest Luft in dem Rezipienten in den Stiefel eindringen kann.

12. Luftleeres Wasser.

Um auch größere Gegenstände, wie: Vögel, Fische, Mäuse, Uhren, Glocken, Kerzen usw. in den Rezipienten bringen zu können, ist der Hahn q r so stark und die Öffnung in der Kapsel pp so weit gemacht, daß diese Dinge hindurchgesteckt werden können. Um auch bei dieser Breite einen sicheren Schluß des Hahnes zu erzielen, füllt er denselben mit Wasser und erreicht dadurch, daß in dem Rezipienten, wenn nach der Evakuierung Wasser eingelassen wird, nur ein erbsengroßes Luftkügelchen übrig bleibt. Um einen vollständig leeren Raum

herzustellen, nahm Guericke nun einen Rezipienten mit langem Hals, füllt ihn ganz mit Wasser und setzte ihn an das Ventil n seiner Pumpe an. Der Hals seines Rezipienten war mit einem Hahn versehen. Wenn nun die Pumpe angetrieben wurde, konnte er wohl das Wasser aus dem Rezipienten auspumpen, allein er sah, daß dabei aus dem Wasser kleine Blasen aufstiegen, die dem entstehenden leeren Raume wieder Luft zuführten. Er vermutete zunächst, daß der Hahn in dem Halse wohl diese Luft enthalten habe, ließ deshalb einen neuen Hahn sorgfältig bohren und füllte auch ihn ganz mit Wasser. Aber immer wieder erschienen diese Luftblasen, so entdeckte er, daß das Wasser selbst die Luft enthalte in so kleinen Blasen, daß man sie ohne Evakuierung nicht sehen könne, sobald aber nun ein Vakuum oberhalb des Wassers gebildet werde, vergrößerten sich diese Blasen und stiegen dann auf. Guericke bemühte sich nun, eine Methode zu finden, um das Wasser von diesen Luftbläschen ganz zu befreien. Er nahm ein langes, oben geschlossenes Glasrohr und behandelte es, wie eben beschrieben. Nachdem er aus dem Wasser nach Herstellung eines Vakuums über denselben Luftblasen hatte aufsteigen sehen, ließ er den Apparat einen Tag lang stehen, bis sich keine Blasen mehr zeigten, dann kehrte er denselben um, öffnete den Hahn und füllte das Rohr wieder ganz mit Wasser. Er wiederholte das einige Tage, bis schließlich keine Blasen mehr aufstiegen. Nun evakuierte er von neuem und pumpte das Wasser bis zur Hälfte weg, ohne daß wieder Blasen beobachtet wären. Als er dann den Hahn der Röhre schloß und dieselbe von der Pumpe entfernte, wurde bei der Bewegung „das Wasser mit einem Geräusch gegen die Glaswand gestoßen, als ob es ein fester Körper etwa wie Stein wäre und das Glas wurde zerbrochen“. Darum nahm er nun eine besonders starke Glasröhre, wiederholte das Experiment und konnte nun dauernd beim Auf- und Abschütteln diesen Klang, wie wenn zwei Holzstäbe gegeneinander geschlagen würden, erzeugen. Das heißt: Guericke erfand hier den „Wasserhammer“, der in den

Schulsammlungen noch heute vielfach vertreten ist und gewöhnlich Oersted zugeschrieben wird. Es gelingt auch bei horizontalem Schütteln, das Wasser in zwei Teile zu trennen, aber „dann läuft es wieder zusammen mit einem Knall, als ob Steine gegeneinandergeworfen werden“.

13. Verdampfung des Wassers.

Bei Fortführung dieser Versuche erkennt Guericke nun, daß das Wasser nicht nur seine eingeschlossene Luft an das Vakuum abgebe, sondern daß es selbst verdampfe, wenn seine Oberfläche an den leeren Raum grenzt. Daraus folgt, daß man über dem Wasser nicht völlige Leere erzeugen kann, indem sich in dem Raume Wasserdampf (odor) ausbreitet. Daraus folgt ferner, daß wir es der Lufthülle der Erde zu danken haben, daß wir auf der Erde Wasser finden. Wäre der Druck der Atmosphäre nicht vorhanden, so würde alles Wasser verdampfen.

Über diese Atmosphäre lassen sich nach Guericke folgende Sätze aussagen. 1. Die Luft ist der körperliche Ausfluß der Erde. 2. Die Erdkugel hält diese Luft zu ihrer eigenen Erhaltung mit einem bestimmten Gewicht fest. 3. Wegen dieser Anziehung ist die Luft in sich zusammengedrückt und zwar in den unteren Teilen mehr als in den oberen. 4. Das Gewicht der Luft ändert sich oft. 5. Es ändert sich auch sofort bei irgendeiner Erhebung oder auf einem Berge entsprechend der verschiedenen Höhe der Berge. 6. Wegen ihrer Schwere dringt die Luft in jeden Raum, in welchem kein anderer Körper vorhanden ist. 7. Eine Flucht vor dem Leeren (*horror vacui*) gibt es in der Natur nicht, sondern es hängt von der Schwere der Luft ab. 8. Alle Luft kann aus Gefäßen oder Glasröhren künstlich herausgebracht und somit ein Vakuum hergestellt werden. — Die Lufthülle dehnt sich nicht unbegrenzt aus; sondern nur bis zu einer bestimmten Höhe, dann folgt der leere Weltraum.

In der Lufthülle ist stets Feuchtigkeit, da das Wasser immer luftförmig wird (verdampft). Um dies nachzuweisen, stellt Guericke einen Versuch an, der, wenn er schon in seinen Rezipienten Thermometer gehabt hätte, ihm das Gay-Lussacsche Gesetz geliefert haben würde. Er evakuiert den großen Rezipienten, den wir bei der Luftpumpe gesehen haben, schließt den Hahn desselben und setzt auf die Mündung dieses Hahnes einen zweiten kleineren mit gewöhnlicher Luft gefüllten Rezipienten, der auch durch einen Hahn verschlossen ist. Um die Hähne möglichst luftdicht zu machen, taucht er sie in Wasser. Nun öffnet er beide Hähne, dann strömt die Luft aus dem kleinen Behälter mit solcher Kraft in den großen, daß sie auf dem Boden des Rezipienten liegende kleine Gegenstände umherschleudert, aber nun beobachtet er in dem oberen kleineren Gefäß Nebelbildung. Er glaubt, die Ursache dieser Nebelbildung läge darin, daß die kleinere zurückbleibende Menge der Luft den ganzen Wasserdampf nicht mehr beherbergen könne. Hätte er die Temperatur beobachtet, so würde er in der Temperaturerniedrigung im oberen Gefäß die Ursache erkannt haben. Der Nebel kann sogar, wenn etwas Luft eingelassen wird, zu Wolkenbildung führen. Läßt man aber die Luft völlig ein, so verschwinden Nebel und Wolken. Die Wassertropfen der Wolken in dem Gefäß sind bisweilen so groß, daß sie bei Bestrahlung durch die Sonne sogar die Regenbogenfarben erzeugen können.

Diese Experimente wendet er jetzt auf die Atmosphäre an und kommt dabei nun wirklich auf den Temperatureinfluß. Ich gebe seine Worte selbst: Aus demselben Grunde erklärt es sich, daß zur Winterzeit die Lebewesen aus ihrem Munde Dampf, gleichsam einen Nebel aushauchen. Denn die wärmere Luft wird in der kälteren verdichtet, d. h. sie wird weniger (an Raum), aber die geringere Luft (d. h. die Luft mit geringerem Druck) kann nicht soviel Wasser enthalten, wie die größere, darum scheidet sie Feuchtigkeit aus, die uns durch die Vereinigung so vieler Teilchen sichtbar wird,

Auf gleiche Weise sehen wir auch im Sommer oder in warmen Zimmern Gläser und Weinkrüge, welche aus kalten Räumen hereingebracht sind, gleichsam schwitzen. Der Grund ist der, weil die das Gefäß umgebende Luft durch das Gefäß abgekühlt wird, sie wird zusammengezogen, deswegen gibt sie ihren Dampfgehalt ab, der an den Seitenwänden des Gefäßes haften bleibt.

14. Die Flamme im Rezipienten.

Dann wendet sich Guericke zur Untersuchung der Flamme. In seinen großen Rezipienten bringt er eine brennende Wachskerze, evakuiert sehr schnell und sieht die Flamme schnell mit bläulicher Farbe erlöschen. Dann stellt er die Kerze in den nicht evakuierten Rezipienten, dessen Hahn geschlossen ist. Nun kann die Flamme drei bis vier Minuten brennen ehe sie, aber ohne bläulichen Schein, erlischt. Dann fährt er fort: Das Erlöschen der Flamme kann nur so verstanden werden, daß das Feuer aus der Luft etwas Nahrung empfängt und daher die Luft verzehrt und so wegen Mangel an Luft nicht mehr leben kann. Um dies genauer nachzuweisen, macht er ein sinnreiches Experiment. Er verbindet seinen Rezipienten, in welchem die Kerze brennen soll, durch ein Glasrohr mit einem in Wasser tauchenden, umgestülpten bauchigen Gefäß, welches in dem oberen Teile Luft enthielt. Wenn nun die brennende Kerze in den Rezipienten gebracht wurde, so dehnte sich die Luft durch die Erwärmung zunächst aus, trat in die umgestülpte Flasche und diese erhob sich etwas aus dem Wasser. Das dauerte etwa ein bis zwei Minuten, dann fing das Gefäß wieder an zu fallen. Das Wasser stieg in demselben und gab Luftblasen ab. Bis die Flamme erlosch, war etwa der zehnte Teil der Luft im Rezipienten verzehrt.

15. Schall im leeren Raum.

Im 15. Kapitel macht Guericke das Experiment, welches noch heute vorgeführt zu werden pflegt, um den Nachweis zu

erbringen, daß im luftleeren Raume Schallwellen nicht ausgebreitet werden. Er hängt eine Schlaguhr, die in bestimmten Zwischenräumen einen lauten Ton gab, in dem Rezipienten auf. Beim Beginn des Auspumpens war die Tonstärke unvermindert, aber der Ton wurde bald schwächer und hörte schließlich ganz auf. Sobald wieder Luft eingelassen wurde, hörte man die Glocke wieder. Durch eine unvollständige Beobachtung wird er nun aber zu einer irrigen Auffassung geführt. Er hält sein Ohr dicht an den Rezipienten, da hört er freilich nicht den klaren Ton, wohl aber eine Art Geräusch, und nun erklärt er: die Töne werden freilich durch die Luft weitergeleitet, indem die Luft selbst in Erschütterungen gerät; dagegen bei Geräuschen ist die Mitwirkung der Luft ausgeschlossen.

16. Lebewesen im leeren Raum.

Endlich bringt er in den Rezipienten Lebewesen und will nachweisen, daß sie Luft zum Atmen nötig haben. Ein Sperling, der zuerst lustig in dem Rezipienten hin und herfliegt, muß nach wenigen Kolbenzügen das Fliegen aufgeben, er sitzt ruhig mit weit geöffnetem Schnabel, bis er nach kurzer Zeit tot niederfällt. Ähnliche Versuche mit Fischen im Wasser zeigten den Unterschied, daß diejenigen, deren Blasen keine Ausführgänge haben, beim Evakuieren aufgetrieben werden und nach kurzer Zeit sterben, während solche Fische, die ihre Schwimmblasen entleeren können, die Evakuierung des Rezipienten sehr lange aushalten können und, wenn nach einiger Zeit wieder Luft in den Rezipienten gelassen wird, sich wieder erholen.

17. Wasserbarometer.

Im Kapitel 19 schildert Guericke die Erfindung des Wasserbarometers. Diese muß vor 1654 gemacht sein; denn in diesem Jahre hatte er von Torricellis Quecksilberbarometer Kenntnis bekommen und hier sagt er, seine Erfindung sei ganz neu.

Das hätte er natürlich nicht sagen können, wenn er jenes Experiment gekannt hätte. Denn daß Quecksilber etwa 13,5 mal so schwer ist als Wasser, also die Höhe einer Wassersäule 13,5 mal so hoch sein mußte als eine gleichschwere Quecksilbersäule, wußte Guericke, wie aus anderen Äußerungen hervorgeht. Er erzählt auch ganz natürlich, wie er auf diese Entdeckung gekommen ist. Er hatte sich einen Apparat gebaut aus zwei durch einen Hahn verbundenen Rezipienten; in den einen leitete er luftdichtschließend ein enges Metallrohr, welches außerhalb umgebogen und mit einem Hahn versehen war. Während die beiden Rezipienten in einem Eisengestell auf der Tischplatte standen, ragte diese Röhre mit dem unteren offenen Ende in ein am Boden stehendes Wasserbecken. Hatte er die Rezipienten luftleer gemacht und öffnete nun den Hahn der nach unten führenden Röhre, so stieg das Wasser aus dem Bodengefäß mit großer Gewalt in den Rezipienten. Dann fährt er fort: „Da fragten einige Wißbegierige, bis zu welcher Höhe auf diese Weise das Wasser geführt werden könne. Da mir dies noch unbekannt war, versäumte ich nicht, darüber Untersuchungen anzustellen.“ Er brachte seinen Apparat in den zweiten Stock seines Hauses und führte die Röhre durch das Fenster bis auf den Boden des Hofes, das Wasser stieg ebenso wie vorher in den Rezipienten, im dritten Stockwerk wiederholte sich dasselbe, aber im vierten Stockwerk blieb das Wasser in der Röhre hängen. Nun steckte er in die Metallröhre ein gläsernes Zwischenglied von ca. zwei Ellen zwischen den dritten und vierten Stock, so daß er die Oberfläche der Wassersäule sehen konnte. Das Experiment wurde wiederholt und nach einigen Schwankungen blieb das Wasser in einer Höhe stehen, die etwa 19 Magdeburger Ellen über dem Boden des Hofes war. Nicht immer bekam er die gleiche Höhe, bisweilen stand es eine bis drei Hand breit höher oder tiefer.

Zunächst schloß er daraus, daß die Aristotelische Lehre von dem Horror vacui falsch sei, dann daß man mit einem

Stechheber Wasser nicht über eine Höhe von 18 und mehr Ellen heben könne, endlich, daß eine Wasserpumpe nur mit einem Saugrohr, welches kürzer als 18 Ellen sei, arbeiten könne. Sehr bald aber überzeugte er sich, daß die Veränderungen in der Höhe der Wassersäule mit dem Wettercharakter zusammenhänge, daß also der Luftdruck wesentlich das Wetter beeinflusse. Darum stellte er sich nun ein aus mehreren fingerdicken Messingrohren zusammengesetztes Rohr von ca. 18 Ellen her, an dessen Kopf ein erweitertes Glasgefäß ebenfalls luftdicht angeschlossen war. Das untere Ende des Rohres, welches mit einem Hahn versehen war, tauchte in das Wasserbecken auf dem Hofe. Er füllte das zusammengesetzte Rohr völlig mit Wasser und sah nun, daß diese Wassersäule, wenn er den Hahn unten öffnete, bis auf etwa 19 Ellen heruntersank. Um nun die Veränderung in den Stand der Wassersäule bequem feststellen zu können, brachte er in den erweiterten gläsernen Ansatz eine kleine hölzerne Figur und hinter dieser eine äußere Skala, auf welche das Männchen mit dem Finger zeigte, so daß man leicht den Luftdruck ablesen konnte. Bis auf diesen oberen Teil schloß er den ganzen Apparat in ein schützendes Blechgehäuse, so daß die uneingeweihten Besucher nicht ahnten, wie die Sache zusammenhänge, und weil der Luftdruck fortgesetzt schwankte, nannte er den Apparat: „Semper vivum“. Mit diesem Barometer konnte er nun Wetterkatastrophen vorhersagen: „Ich habe“, schreibt Guericke in einem Brief vom 30. Dez. 1661 an C. Schott, „als im vorigen Jahre 1660 der außerordentliche Sturm stattfand, aus diesem Apparat die außerordentliche Veränderung in der Luft sicher erkannt, welche so ungewöhnlich leicht geworden war, daß der Finger des Männchens unter dem untersten Skalenteil hinabstieg. Als ich das sah, sagte ich zu den Anwesenden, ohne Zweifel ist irgendwo ein großes Unwetter. Kaum waren zwei Stunden vergangen, da brach auch in unserer Gegend jener Sturm los, wenn auch nicht mit derselben Gewalt wie auf dem Meere.“ Noch ein anderer Apparat gab ihm die Mög-

lichkeit, Wetterprophezeiungen zu machen. Eine mit Hahn versehene größere Glaskugel hing er mit Luft gefüllt an einen Arm einer empfindlichen Wage und stellte durch angehängtes Gewicht am andern Hebelarm Gleichgewicht her, nun evakuiert er die Kugel, dann ist sie um vier Lot leichter geworden. Er balanziert wieder aus und sieht, wenn die äußere Luft schwerer wird, so wird die Kugel leichter (weil sie nach dem Archimedessehen Prinzip so viel von ihrem Gewicht verliert wie die verdrängte Luft wiegt) und umgekehrt. Da beim Regen die Luft leichter wird, kann man also aus dem Herabsinken der Kugel schließen, daß in der Umgegend Regen fällt.

18. Die Magdeburger Halbkugeln.

Diese Versuche geben Guericke nun die Methode den Luftdruck genau in Pfunden anzugeben und damit erkennt er, daß zwei evakuierte Halbkugeln von $\frac{67}{100}$ Ellen Durchmesser bei gewöhnlichem Luftdruck 2685,8 Pfund Druck auf die Grundfläche erleiden. Um diesen Druck zu überwinden, also die Halbkugeln auseinander zu reißen, sind mehr als acht Pferde auf jeder Seite nötig. Er macht darauf aufmerksam, daß acht Pferde sehr leicht 2685,8 Pfund auf einem Wagen fortziehen können, aber beim Wagen haben sie nur die Reibung zu überwinden, hier sollen sie aber das Gewicht heben. So ist Guericke zu dem berühmten Regensburger Versuch gekommen. Ich gebe die älteste Darstellung dieses Versuches in Abbildung 6 wieder, wie sie von C. Schott in seiner Technik zuerst veröffentlicht ist, wobei sogar 20 Pferde ziehen. Von Interesse ist dabei die Herstellung der Halbkugeln, die kaum so sorgfältig gearbeitet werden können, daß sie luftdicht aneinander schließen. Guericke hat deswegen zwischen die beiden Halbkugeln einen Ring aus Leder (Fig. 2), der mit Wachs und Terpentinöl völlig durchtränkt ist, gelegt und so luftdichten Schluß erreicht. Die geöffneten Halbkugeln mit dem Lederring daneben sind oben auf dem Bilde dargestellt.

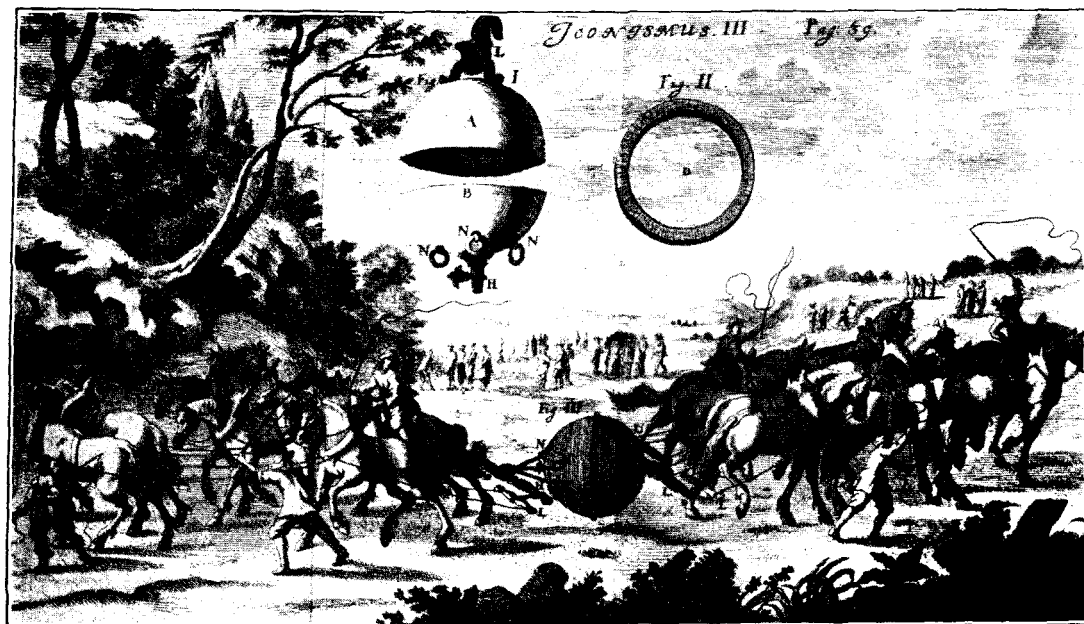


Abb. 6.

Nicht immer hatte Guericke so viele Pferde zur Verfügung, daß er seine großen Halbkugeln vorführen konnte, da nahm er denn etwas kleinere, hing sie an einem kräftigen Haken eines Balkengerüsts auf, an der unteren halben Kugel hing er eine Wagschale, auf die eine große Menge Zentner- und Halbzentnergewichte gesetzt wurden, bis die Halbkugeln auseinanderfielen. Er hatte erwartet, daß dies Auseinanderfallen mit großem Knall geschehen würde, allein er sieht den Grund, daß das nicht eintrat, mit Recht in der nicht ganz gleichmäßigen Bearbeitung der Schnittfläche, so daß das Abreißen an einer Stelle beginne und so langsam fortschreite. Anders liegt die Sache bei dem Zerspringen einer viereckigen Glasflasche, welche Guericke mit dem Hahn der evakuierten Kugel verbindet. Sobald der Hahn geöffnet wird, strömt die Luft aus der Flasche in den leeren Raum, so daß der Druck der Luft in der Flasche nun so niedrig wird, daß der äußere Luftdruck die Flasche mit lautem Knall in tausend Stücke zersprengt.

Daß wirklich der Luftdruck die Halbkugeln zusammenhalte, zeigte Guericke den Fürsten noch auf drastische Art. Er sagte, was die 16 Pferde nicht leisten könnten, das könne ein kleiner Knabe fertig bringen. Er ließ ihn den Hahn an den Halbkugeln aufdrehen, die Luft strömte mit Geräusch ein und die Halbkugeln fielen ohne jeden äußeren Zug auseinander. Guericke hatte bei seinem Vortrag vor dem Kaiser Ferdinand III. erwähnt, daß, wenn ein Mensch den Versuch machen würde, in einen solchen evakuierten Rezipienten auszuatmen, er gleichzeitig seine Seele aushauchen würde. Das hatte der Hofmarschall des Kaisers, der Fürst Auersberg bezweifelt und gewünscht, mit eigenen Augen das vorgenannte Experiment mit der Flasche zu sehen. Da in dem Augenblick andere Dinge dazwischen kamen, konnte Guericke den Wunsch des Herren nicht sogleich erfüllen, dann besann er sich auf ein neues drastisches Experiment, welches auch die Zweifler von der Wucht des Luftdrucks überzeugen sollte.

19. Stärke des Luftdruckes.

Er ließ einen Kupferzylinder *a* von 0,67 Ellen Durchmesser und dazu einen Kolben *QR* herstellen (Abb. 7), welcher, in der hohlen Rille *R* mit Werg umwickelt, luftdicht in dem Zylinder bewegt werden konnte. Am Boden des Zylinders war ein Hahn *X* angebracht. Diesem Zylinder hatte er am Boden eine starke Öse *S* angeschweißt, welche über den eisernen Arm *w* des Balkens *I* geschoben wurde. Die an dem Kolben befestigte Eisenstange *P* ging durch den Ring des Zapfens *O*, so daß der Zylinder *a* nun vertikal gerichtet blieb. Wenn der Hahn *X* geschlossen blieb und der Kolben *RA* am Boden des Zylinders lag, konnten 20 starke Männer, die an dem Seile *F* zogen, den Kolben höchstens bis zur Mitte des Zylinders in die Höhe ziehen. Dann läßt er den Kolben bei geöffnetem *X* in die Höhe ziehen, bringt den großen evakuierten Rezipienten durch Aufheben seines Hahnes auf den geschlossenen Hahn *X* luftdicht mit dem Zylinder *a* in Verbindung, öffnet den Hahn *X*, so daß der Raum jetzt aus dem Zylinder und dem Rezipienten besteht, dadurch wird der Luftdruck in diesem Raume so gering, daß der Kolben durch den äußeren Luftdruck nach unten gedrückt wird, so daß die 20 Männer ihn nicht halten können, sondern mit nach rechts gezogen werden. Diesen Versuch hat Guericke noch in einigen Abänderungen wiederholt und damit die Elastizität der Luft bewiesen. Auch hat er eine Windbüchse durch den Luftdruck abzuschießen gelehrt.

Mit seinem Rezipienten liefert Guericke auch den Beweis, daß der Luftdruck in höheren Schichten der Atmosphäre geringer ist als auf der Oberfläche. Er füllt seinen Rezipienten mit Luft, indem er den Hahn öffnet, dann schließt er denselben und steigt mit dem Rezipienten auf einen Turm; beim Öffnen des Hahnes überzeugt er sich, daß Luft aus dem Behälter entweicht. Schließt er nun wieder den Hahn, so findet er bei der Rückkehr auf die Oberfläche, daß nun beim Öffnen des Hahnes Luft in den Rezipienten einströmt. Wertvoll ist, daß er bei diesem Versuch auf die Notwendigkeit der Temperaturgleich-

heit hinweist, da die Luft sich bei Temperaturerhöhung erheblich ausdehnt, d. h. leichter wird, so können Temperaturverschiedenheiten leicht ein ganz falsches Resultat bedingen. Er kennt auch den Pascalschen Versuch von 1648/9 mit dem Nachweis, daß das Barometer auf dem Puy de Dôme um etwa

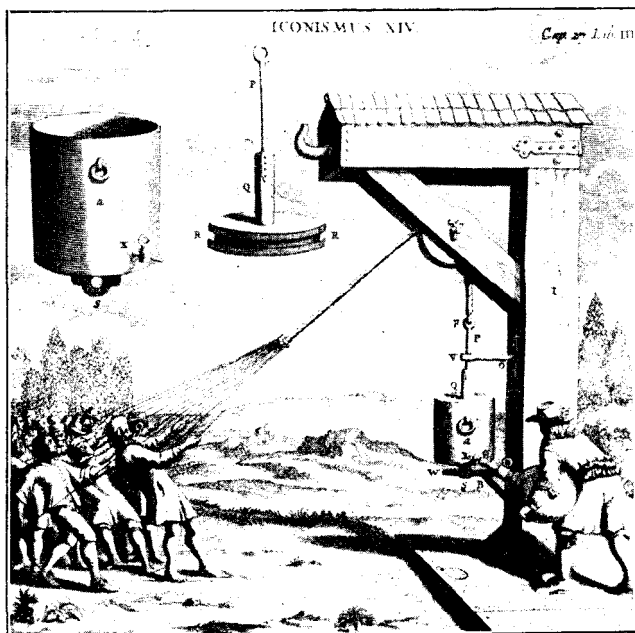


Abb. 7.

3 Zoll niedriger stand als am Fuße des Berges. Er will das gleiche Experiment auf dem Brocken wiederholen, allein bei dem Aufstieg fällt sein Diener, der die Quecksilberröhre trug, und das Barometer geht in Trümmer. So mußten sie unverrichteter Sache nach Magdeburg zurückkehren.

Guericke erklärt das Saugen und die Wirkung der Schropfköpfe durch den Luftdruck, ebenso das Aufsteigen des Wassers

in der Pumpe: „Wird nämlich der Kolben, welcher den Pumpenstiefel genau ausfüllt, in die Höhe gezogen, so entsteht in dem Stiefel ein Vakuum und bei häufiger Wiederholung der Bewegung steigt das Wasser aus dem Brunnen durch die Röhre in den Pumpenstiefel, aber nicht wegen der fuga vacui, sondern weil die Luft auf das Wasser im Brunnen drückt.“

20. Elastizität der Luft.

Er fügt dann eine Reihe von Tatsachen an, welche die Elastizität der Luft beweisen und z. T. schon in den früheren Experimenten angeführt sind. Als ein neues Argument gibt er folgendes Experiment an: Will jemand nicht glauben, daß die Luft eine solche Kraft, sich auszudehnen, habe, so möge er eine mit Luft gefüllte Blase in die Halbkugeln bringen und dann evakuieren, und er wird erfahren, daß die Blase, nachdem kaum mit dem Auspumpen begonnen ist, zerplatzt. Oder er möge eine solche halb gefüllte Blase in dem Rezipienten aufhängen und er wird sehen, daß die Blase beim Fortschreiten des Auspumpens mehr und mehr aufquillt und endlich völlig zerreißen wird. Es ist natürlich, daß der oben (S. 39) beschriebene Apparat in entsprechend kleinerer Ausführung auch zur Beobachtung des Grades der Evakuierung in dem Rezipienten verwendet werden konnte. In dieser Verwendung wird er noch heute unter dem Namen Dasymeter gebraucht. Von größerem Interesse bei diesem Versuch ist jedoch, daß Guericke hier zum ersten Male das Archimedische Prinzip auch auf gasförmige Körper anwendet.

Von Bedeutung ist ferner, daß Guericke auch auf die Frage eingeht, woher der Luftdruck komme. Einige glauben, daß er aus einem Bestreben nach dem Zentrum hin entstehe, andere sehen die Ursache in den überall eindringenden und drückenden Strahlen der Sterne. Beide Ansichten sind falsch. Vielmehr ist die allgemeine Attraktionskraft, die auch die Erde hat, die Ursache (*videat ejusmodi virtutem attrahendi in rerum natura existere, ac inde hunc appetitum inclinandi*

haud rebus per se, sed virtuti cuidam generali adscribendum esse). Dann fährt er fort: Da endlich die untere Luft mehr gedrückt wird als die obere, so folgt, daß die Höhe der Luft sich nicht weit über die Erdoberfläche erhebt und im Vergleich mit dem Abstand der Sterne sehr klein ist, daß darüber hinaus nur der reine, unkörperliche Raum ist.

21. Boyles Luftpumpe.

Ehe wir die weiteren Erfindungen Guericques besprechen, wollen wir die in der nachfolgenden Zeit von anderen Gelehrten ersonnenen Verbesserungen an der Luftpumpe ansehen, vor allem, um der bisweilen geäußerten Meinung entgegenzutreten, als ob erst durch diese Männer die Luftpumpe wirklich brauchbar gemacht wurde. In erster Linie wird da Boyle, nicht nur in englischen Büchern, genannt. Boyles erste Veröffentlichung über diesen Gegenstand ist ein Brief an den Lord of Dungarvan am 20. Dezember 1659, der aber erst 1662 in London veröffentlicht wurde, also später als die Briefe Guericques an Schott, in welchem er die verbesserten Konstruktionen seiner Luftpumpe beschreibt. Es ist darum nicht so, wie bisweilen behauptet wurde, daß Guericke erst durch Boyles Pumpen zu seinen Verbesserungen gekommen sei. Im besonderen hatte Guericke die vertikale Stellung des Pumpenstiefels und die Bewegung des Kolbens mittels eines Hebels ausgeführt, ehe Boyles Arbeit veröffentlicht war, ja höchst wahrscheinlich ehe sie geschrieben war. Als Boyle seine Versuche anstellte, kannte er nur die erste Form der Guericqueschen Pumpe und sagt selbst (S. 4), daß er bemüht gewesen sei, diese Pumpe nach drei Richtungen zu vervollkommen, nämlich die Anbringung des Pumpenstiefels unter Wasser zu beseitigen, zweitens eine bequemere Art der Kolbenbewegung anzubringen und drittens den Rezipienten so einzurichten, daß man leicht in denselben verschiedene Dinge einbringen könne. Die Ausführung der beiden ersten Verbesserungen verdankt Boyle der Mitarbeit von R. Hooke, wie er selbst sagt. Sie bestanden darin,

daß er die Bodenventile Guerickes durch einen Hahn ersetzt, wie es Guericke auch schon bei seiner zweiten Form gemacht hatte. Aber während bei Guericke der Hahn in einer abnehmbaren Metallfassung saß, wurde er von Boyle fest eingekittet, so daß luftdichter Verschluß erreicht wurde. An die Stelle der Hebelvorrichtung setzte Boyle eine Zahnstange, welche an den Kolben fest verschraubt war, diese Stange griff mit ihren Zähnen in die Lücken eines kleinen Zahnrades, welches am Boden des Stativs, auf welchem die ganze Pumpe ruht, fest angeschoben war. Die Drehung dieses Zahnrades mittels eines auf der Achse angebrachten Dreharmes zog die Stange und damit den Kolben nach unten mit geringerer Mühe als das beim Hebel möglich war. Endlich erreichte er die Erfüllung des dritten Wunsches dadurch, daß er in dem oberen Teile des Rezipienten ein Loch anbrachte, in welches eine Metallfassung luftdicht gesetzt werden konnte, die bei vier Zoll Durchmesser gestattete, allerlei kleine Apparate in den Rezipienten einzusetzen.

22. Das Manometer.

Auch ein großer Teil der Versuche, welche Boyle mit dieser Pumpe anstellte, war denen Guerickes sachlich nahezu gleich, so z. B. die Einbringung einer kleinen Balance in den Rezipienten. Guericke hatte die auf der einen Seite mit einer großen luftleeren Kugel, auf der anderen mit einem kleinen, Messinggewicht ausbalancierte Wage als Barometer gebraucht wie oben erwähnt. Boyle stellte eine sehr empfindliche kleine Wage, bei welcher der Glasballon so groß wie ein Hühnerei war, in den Rezipienten, um den Grad der Evakuierung damit festzustellen. Er nannte den Apparat „statisches Baroskop“. In einer späteren Schrift ersetzt er diese Balance durch ein Manometer in unserem Sinne, jedoch ohne den Namen anzuwenden. Sein Manometer bestand aus einer kleinen u-förmig gebogenen Glasröhre, deren einer Schenkel zugeschmolzen war, während der andere offen blieb, er füllte diese Röhre

soweit mit Quecksilber, daß in dem geschlossenen Rohre nur eine kleine Luftblase übrig blieb. Boyle hat eine lange Reihe von Experimenten über das Verhältnis der Luftleere zu den Lebewesen angestellt, wie sie zum Teil auch schon Guericke ausgeführt hatte, ebenso die Versuche mit der Flamme, so daß in der ersten Arbeit Boyles nichts wesentlich Neues enthalten ist. Seine große Arbeit über die Elastizität der Luft, worin er das Verhältnis von Druck und Volumen eines Gases bearbeitet, geht von Torricellis Entdeckung aus.

23. *Guerickes Thermometer.*

Doch zurück zu Guericke! Er fügt dem dritten Buche die Beschreibung seines Thermometers an, mit denselben Worten, welche Schott schon bei der Beschreibung gebraucht hatte. Thermometer sind schon im Altertum bekannt gewesen, wir finden sie bei Philon etwa 200 v. Chr. und bei Heron etwa 130. Diese hatten am Ende des 16. Jahrhunderts in Italien eine weite, anregende Wirkung ausgeübt, so daß die italienischen Gelehrten daran anschlossen und Thermometer konstruierten, die prinzipiell dem Philonischen Apparat folgten. Es waren Luftthermometer, d. h. eine große Hohlkugel hatte einen langen horizontalen Hals, in welchem sich ein Wassertropfen befand. Dehnte sich die Luft in der Kugel bei Erwärmung aus, so trieb sie den Tropfen nach vorn, zog sie sich zusammen bei Abkühlung, so wanderte der Tropfen zur Kugel.

Diese ersten primitiven Thermometer, welche am Anfange des 17. Jahrhunderts uns bei Galilei, Sanctorius, Sagredo und anderen Gelehrten Italiens begegnen, waren um die Mitte des Jahrhunderts ersetzt durch solche Apparate, welche eine Flüssigkeit (Weingeist) in einer kleinen Kugel mit langem Ansatzrohr enthielten, nun dehnte sich die Flüssigkeit bei Erwärmung aus und stieg in die Röhre. Ein weiterer Schritt zur Vollkommenheit war der, daß die Röhre oben zugeschmolzen wurde, so daß die Verschiedenheit des Luftdrucks keinen

Einfluß mehr haben konnte. Das war der Stand der Thermometerfrage, als Guericke seine Experimente anstellte. Er kehrte zum Luftthermometer zurück. Eine große kupferne Kugel A (Abb. 8) ist mit dem einen zweier kommunizierender sieben Ellen langen Kupferröhren von Daumendicke ver-

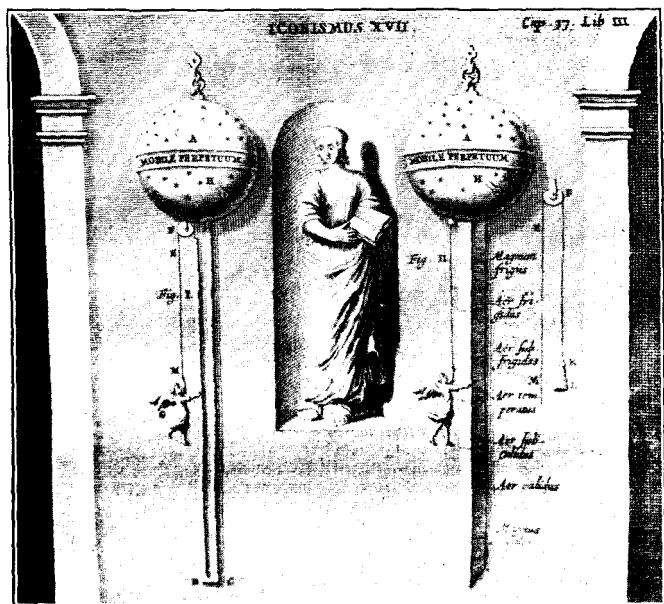


Abb. 8.

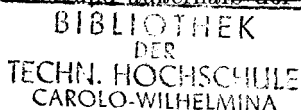
bunden. Die Kugel A hat ein Ventil H. Öffnet man dieses, so kann man in die Röhren Weingeist einfüllen bis zu einer passenden Höhe in beiden Röhren. Schließt man nun den Hahn, so steht der Weingeist in beiden Röhren gleich hoch. In die offene Röhre wird ein kleines Messinggefäß KL, dessen spezifisches Gewicht durch eingelegte Bleikugeln gleich dem der Flüssigkeit gemacht wird, herabgelassen an einem Faden,

der über eine kleine Rolle geht und der an seinem anderen Ende ein kleines Männchen trägt, welches mit seiner rechten Hand auf der über den kommunizierenden Röhren angebrachten Skala spielt. Wird nun H geschlossen, so dehnt sich bei Erwärmung die Luft in A aus, treibt die Flüssigkeit in dem offenen Rohre in die Höhe und damit natürlich auch das Gefäß KL, so daß nun das Männchen nach unten sinkt. Umgekehrt bei Abkühlungen. Um dem Publikum die Konstruktion zu verbergen, hatte Guericke die beiden Röhren mit einer prismatischen Blechhülle umgeben, auf welcher die Skala angebracht war. Diese Kugel hatte Guericke an einer Wand seines Hauses hängen, wohin die Sonne niemals strahlte, die Kugeln hatte er mit blauer Farbe und Sternen bemalt und darauf geschrieben mobile perpetuum. Da damals in Deutschland Thermometer noch sehr unbekannt waren, hat der Apparat großes Aufsehen gemacht, wie aus den bewundernden Worten Schotts hervorgeht und es ist auffallend, daß Schott nicht auf den Vorwurf gekommen ist, daß dieser Apparat nicht eigentlich ein Thermometer darstellte, sondern auch vom Luftdruck abhängt und daher nur für kurze Zeitabstände die Temperaturschwankungen richtig angab.

24. *Guerickes elektrische Arbeiten.*

Wenn in physikalischen Werken von Guericke's Einfluß auf die Entwicklung der Wissenschaft geredet wird, ist fast immer die Wiedergabe der Versuche über den Luftdruck und die Luftpumpe das einzige, was genannt und gewürdigt wird. So unzweifelhaft diese Versuche einen außerordentlich großen Einfluß auf die Weiterentwicklung der Aërostatik gehabt haben, so sollte man doch nicht vergessen, daß Guericke auch auf dem Gebiet der Elektrizität und des Magnetismus Hervorragendes geleistet hat und seinen Zeitgenossen um 50 bis 100 Jahre vorausleitete. Diese Versuche finden sich im vierten Buche von Kapitel 7 an. Auf den Inhalt der vorhergehenden

Kapitel werden wir nachher zurückkommen. Wenn wir uns vergegenwärtigen wollen, was Guericke hier geleistet hat, müssen wir uns vor Augen halten, was bis dahin geleistet war. Man kann ohne Einschränkung sagen, daß bis zu Guericke's Experimenten die Entdeckungen Gilberts noch nicht übertroffen waren und die letzteren in bezug auf die Elektrizität eigentlich nur in der Aufzählung der Körper bestanden, welche durch Reiben elektrisch werden, und in dem Nachweis, daß ein solcher elektrisierter Körper nicht schwerer ist als er vor der Reibung war; daß man das Vorhandensein der Elektrizität durch die Anziehung, welche der elektrische Körper auf leichte unelektrische Körper ausübt, nachweist; daß sich Elektrizität aber vom Magnetismus dadurch unterscheidet, daß die elektrische Anziehung auf alle Körper wirkt, die magnetische Anziehung nur auf Eisen und Stahl. Während der elektrische Körper seine Kraft nach einiger Zeit verliert, und zwar bei feuchter Luft schneller als bei trockener, ist der natürliche Magnetstein und der künstlich magnetisierte Stahlstab dauernd magnetisch. Sowohl der Magnetismus wie die Elektrizität sollten, nach Gilbert in Ausflüsse aus den Körpern bestehen, welche bei den Magneten äußerst fein, spirituell, bei den elektrischen mehr materiell sein sollten. An Tatsachen waren Gilbert über den Magnetismus schon bekannt, die Polarität, die Induktion, die Abstoßung gleicher, die Anziehung ungleicher Pole, die Deklination und Inklination und deren Verschiedenheit an den verschiedenen Orten der Erde, der Erdmagnetismus und der magnetische Charakter der Teile eines Magneten. Gilbert hatte daher die Erde als aus vielen kleinen Magneten bestehend angesehen, die in ihrer Gesamtwirkung den Erdmagnetismus darstellten. Demgegenüber will Guericke nichts von Ausflüssen wissen, der Magnetismus sei vielmehr eine unkörperliche Kraft, die er *virtus dirigens* nennt. Die Erde ist demnach nicht als ein großer Magnet aufzufassen, sondern sie bekommt die magnetische Eigenschaft durch eine richtende Kraft, die in den beiden Polen endet und außerhalb der Erde einen Wirkungs-



kreis (orbis virtutis) besitzt, der sich durch die Magnetisierung von Eisenstäben, in Richtung des Meridians durch Hammer-schläge bearbeitet, und durch die allmähliche Magnetisierung aller vertikal oder horizontal im Meridian liegenden Eisen-stäbe in Gebäuden kundtut. Aber in bezug auf experimentelle Ergebnisse kommt er nicht über Gilberts Resultate hinaus; auch übernimmt er die Annahme, daß die Ursache der Rotation der Planeten um die Sonne in einer magnetischen Wirkung zwischen Sonne und Planet zu suchen sei.

25. Die ersten Elektrisiermaschinen.

Anders ist es bei seinen elektrischen Versuchen, die er im 15. Kapitel beschreibt. Man soll sich eine Schwefelkugel herstellen, indem man eine dünne gläserne Hohlkugel mit gestoßenem Schwefel füllt, denselben schmilzt und nach Abkühlung die Glashülle zerschlägt. Diese Kugel durchbohrt er mit einer eisernen Achse, welche in einem Gestell abed (Abb. 9) eingelegt wird; dadurch ist die Drehung der Kugel bequem ermöglicht. Wird die gedrehte Kugel dann mit einer trockenen Hand gerieben, so bekommt sie die *virtus conservativa*, d. h. sie zieht allerlei leichte Körper an und reißt sie mit herum. Wenn aber die Schwefelkugel einem Wassertropfen genähert wird, so schwillt der Tropfen auf und zerstäubt. Auch Luft und Dampf zieht die Kugel an. So scheint diese Attraktion der durch die Erdkugel ausgeübten allgemeinen Attraktion zu gleichen und doch ist sie sehr verschieden davon. Denn wenn die Kugel einen kleinen Körper gegen die Schwerkraft anzieht, so behält sie ihn nicht dauernd, sondern nach der Berührung stößt sie den Körper wieder ab und wird ihn nicht eher wieder anziehen, als bis er einen anderen Körper berührt hat. Das läßt sich am besten an einer Flaumfeder zeigen, weil die nicht so schnell zur Erde fallen kann. Eine solche Flaumfeder breitet sich auf der Kugel und in der Luft aus und scheint eine Art Lebewesen zu sein. So schwebt die Feder in der Luft, sucht

andere Körper anzuziehen und hängt sich an dieselben. Wenn man aber eine brennende Lampe auf den Tisch stellt und dieser die Flaumfeder nähert, so kehrt sie plötzlich zu der Schwefelkugel zurück, als ob sie dort Schutz suchte. Sonst aber zieht die Kugel die Feder nicht eher wieder an, als bis sie einen anderen Körper berührt hat. Diese Feder kehrt, nachdem sie die Schwefelkugel berührt hat und von dieser wieder abgestoßen ist, der Kugel stets die gleiche Seite zu. Das erinnert an das

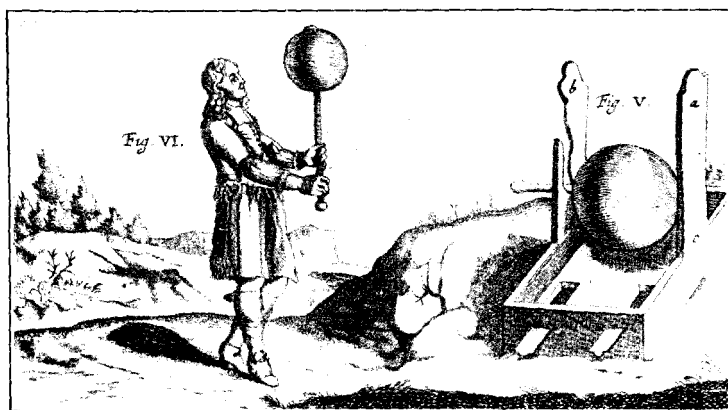


Abb. 9.

Verhalten des Mondes, der der Erde auch stets das gleiche Gesicht zukehrt. Wenn man einer solchen Feder, die ihre Strähnen ausgebreitet hat, einen Finger nähert, fliegt sie diesem zu, um dann zur Schwefelkugel zurückzukehren. Dies Spiel läßt sich fortgesetzt wiederholen. Wenn man der schwebenden und gespreizten Feder einen Leinenfaden entgegenhält, fallen die Strähnen zusammen, als ob sie tot wären, und die Feder fliegt wieder zur Schwefelkugel. Nähert man einer schwebenden Feder eine Kerzenflamme, so flieht die Feder zu der Kugel. Wenn man einen Leinenfaden von mehr als einer Elle Länge oberhalb der Kugel befestigt, so daß er

die Kugel fast berührt, und man nun mit dem Finger oder einer anderen Sache ihn zu berühren versucht, so weicht der Faden aus und duldet nicht die Berührung mit dem Finger. Wenn man dagegen den Faden von dem Tisch oder einem Schemel herabhängen läßt, so daß sein unteres Ende etwa daumenbreit von einem Gegenstand entfernt ist, und nun das obere Ende des Fadens mit der elektrisierten Kugel berührt, so wird das Ende unten sich mit dem Gegenstand verbinden. Damit ist deutlich bewiesen, daß die Kraft sich bis in die untersten Teile des Fadens ausgedehnt hat. Wenn man unter die in dem Gestell gedrehte, mit der Hand geriebene Kugel eine Flaumfeder legt, so wird die Feder von der Kugel angezogen, wieder auf die Unterlage zurückgeworfen und von neuem angezogen, das Spiel setzt sich stundenlang fort. Sucht man eine solche schwebende Feder mit gespreizten Strähnen zu ergreifen, so entziehen sie sich der Berührung und mit schlaffen Strähnen legt sie sich an die Kugel.

Die mit der Hand geriebene Schwefelkugel ist auch eine Quelle für den Schall; denn wenn man sie dem Ohre nähert, hört man ein Geräusch und ein Knacken in derselben. Ebenso ist sie auch eine Quelle des Lichtes; denn wenn man mit der Kugel in ein dunkles Zimmer geht, oder bei Nacht dieselbe mit der trockenen Hand reibt, so leuchtet sie auf, so wie Zucker, wenn er gebrochen wird.

26. Die neuen Entdeckungen mit der Maschine.

Fassen wir aus dieser Übersetzung seiner Beschreibung das wesentlich Neue noch einmal zusammen und vergegenwärtigen uns dabei, wie lange es dauerte, ehe seine Entdeckungen wiederholt sind und in die Lehrbücher übergangen, so werden wir Du Fay zustimmen, der seine Verwunderung darüber ausspricht, daß man die außerordentlichen Leistungen Guericques bis dahin (1733) mit Stillschweigen übergangen habe. Guericke erfand die Elektrisiermaschine, sie taucht erst wieder auf bei

dem Leipziger Professor Hausen 1743. Er fand die Leitung der Elektrizität und die Elektrisierung durch Mitteilung, welche von Gray in London 1729 wieder entdeckt wurde. Guericke erkennt an der Flaumfeder die Influenz, welche in Du Fays Arbeit 1737 in Paris wieder eingeführt wird. Er erkennt die Spitzenwirkung an dem Leinenfaden; dieselbe gebraucht zuerst wieder der Professor Bose in Halle 1748 für seinen Konduktor an der Maschine. Guericke hört das Knacken der kleinen Entladungen und sieht die dabei auftretenden Funken, was der Engländer Wall 1708 an dem Bernsteinknopf seines Handstockes wiederentdeckt. Er entdeckt die entladende Wirkung der Flamme, welche 1667 von den Mitgliedern der Accademia del Cimento in Florenz wiedergefunden wird. Wie kann man sich erklären, daß diese Fülle wichtigster Entdeckungen so wenig beachtet blieben, obwohl das Werk Guericke's, die *Experimenta nova*, eine große Verbreitung gefunden hat? Ich glaube es damit erklären zu können, daß die Experimente über die Luftpumpe und die Elastizität der Luft, wie sie in dem Buche auch einen breiten Raum einnehmen, so sehr das Interesse fesselten, daß man sie allein als das Neue ansah, zumal diese elektrischen Entdeckungen in knapper Form nur zwei Druckseiten füllen.

27. Theoretische Ansichten.

Wir haben im Vorstehenden die Gebiete kennen gelernt, in denen Guericke bahnbrechend wirkte und sich als ein ausgezeichnete Experimentator und Beobachter erwies. Das zwingt uns, nun auch die übrigen Ansichten dieses Mannes anzusehen, seine wissenschaftlichen Grundsätze kennen zu lernen und sein Verhältnis zu den gleichzeitig lebenden Gelehrten. Sein Buch unterscheidet sich von den meisten um jene Zeit erschienenen Werken sehr wesentlich. Während bei den meisten noch eine ungezügeltere Spekulation die geringe Zahl tatsächlicher Nachweisungen überwog und philosophischen

Auseinandersetzungen mehr Raum zugewiesen wurde als der experimentellen Erforschung der Erscheinungen, stellt sich Guericke ganz auf den Boden der Induktion. Er sagt: „In den Naturwissenschaften nützt die Kunst der Rede, die Eleganz des Wortes oder die Schärfe der Diskussion gar nichts. Was durch Erfahrung und Beobachtung gefunden wird, ist aller Theorie, auch wenn sie wahrscheinlich und einleuchtend ist, vorzuziehen. Denn vieles scheint in der Spekulation und Disputation als richtig, was doch in der Wirklichkeit keinen Erfolg hat. Daher können die Philosophen allein durch Denken und Argumente bei Ausschluß der Erfahrung nichts Gewisses über den natürlichen Aufbau der Welt erschließen. Wo Tatsachen zeugen, bedarf es keiner Worte. Gegen Leute, die handgreifliche und sichere Beweise ablehnen, kann man nicht streiten und Krieg führen, mögen sie bei ihrer Meinung bleiben und die Finsternis wie Maulwürfe aufsuchen. Denn die Mathematik streitet nicht, sondern triumphiert und verharrt in der Ruhe unbestreitbarer Wahrheit. Freilich sind die übrigen Teile menschlicher Philosophie dem Streit der Meinungen unterworfen, weil sie der evidenten Gewißheit entbehren, wodurch die Mathematik stark ist. Daher kommt es, daß der menschliche Geist, nachdem er durch die Gesamtheit menschlicher Wissenschaften herumgeirrt ist, endlich in der nur in der Mathematik vorhandenen Gewißheit Ruhe findet. Darum erwarte ich für die Teile, welche nicht durch Experimente bewiesen sind, die Zensur und werde gern, wenn ich eines besseren belehrt und unterrichtet werde, der besseren Ansicht kluger Männer folgen.“ Diese in der Vorrede an den Leser ausgesprochene Meinung charakterisiert Guericke vortrefflich, und er ist bemüht in dem Buche diesen Grundsätzen treu zu bleiben.

Weil Guericke keine Hypothesen über das Wesen der Kräfte machen will, kommt er zu einer meistens mißverstandenen Bezeichnungsweise. Als Ursache alles Geschehens nimmt er *virtutes* (Kräfte) an, welche von einem Körper aus-

gehen, einen anderen erreichen und dort wirken. Zu Beginn, des vierten Buches benennt er die verschiedenen Kräfte, er unterscheidet körperliche und unkörperliche virtutes, zu ersteren rechnet er die Gerüche, zu letzteren das Licht, die Gravitation, die Zentrifugalkraft usw. Er lehnt es ab, über das Wesen dieser Kräfte Hypothesen aufzustellen. Man kann nur bei allen nachweisen, daß sie mit zunehmender Distanz abnehmen, man kann auch bei einzelnen Kräften Bedingungen angeben, durch welche sie erregt werden. Über die Art, wie die Kräfte von einem Körper zum anderen kommen, will er nichts sagen, für unsere Betrachtung wirken sie in distans, die Erregung kann durch Reibung, Stoß, Berührung, Schwingung usw. des Körpers, der zur Aussendung geeignet ist, erfolgen. Dann gibt es virtutes, welche sich mit den virtutes anderer Körper vereinigen (er denkt da an Magnete und Eisen), es gibt aber auch Körper, die solche virtutes nicht aufnehmen können, dann werden die Kräfte reflektiert. Was in den verschiedenen Fällen eintritt, muß durchs Experiment untersucht werden. Wenn uns diese Anschauungen heute auch etwas fremdartig vorkommen, so muß man sie doch vergleichen mit den damals noch sehr weit verbreiteten Ansichten, wie sie auch bei Gilbert und Descartes noch vorkamen, daß man sich Ausflüsse aus den Körpern denkt, die wie Fäden in die Luft sich erstreckend, dort Wirbel erzeugen und durch diese Bewegungen veranlassen. Demgegenüber hat Guericke doch fortgeschrittene Anschauungen, die denen von Kepler und Galilei nahekommen.

28. Die einzelnen Virtutes.

Galileis Fallgesetze scheint Guericke nicht gekannt zu haben. Er beschäftigt sich im zweiten Kapitel des vierten Buches mit dem Fall und Wurf, wobei er wohl Kircher, Mersenne und Scheiner zitiert aber nicht Galilei. Er erklärt, daß eine Bleikugel von zwei Unzen Gewicht viel schneller falle, als eine solche von einer Unze, ebenso könne man einen schweren

Stein viel weiter werfen als einen leichten. Das ist um so auffallender, als er den Luftwiderstand sonst sehr wohl kennt. Er sagt von zwei Pendeln, die im übrigen ganz gleich sind, daß dasjenige, welches bei nahezu gleichem Gewicht ein größeres Volumen hat, langsamer schwingt als das andere, wegen des Widerstandes der Luft (*credo propter aeris impedimentum*). Dagegen macht er ein für spätere Zeit fruchtbares Experiment über die Zentrifugalkraft zuerst. Eine kreisförmige Mulde läßt er um eine durch den Mittelpunkt gehende Achse rotieren und legt verschieden schwere Körner hinein, da sieht er, daß die schwereren weiter abgeschleudert werden und in der Mulde höher hinaufsteigen als die leichten. Sofort ist er bereit, von diesem Experiment eine Anwendung zu machen auf die Himmelskörper. Von den Monden des Jupiter sind darum die größeren in weiterer Entfernung von dem Planeten als die kleineren. Das will er auch auf das Sonnensystem anwenden und meint, man könne, wenn erst die richtige Proportion gefunden sei, aus den beobachteten Umlaufszeiten die Radien der Bahnen berechnen! Dagegen gibt er richtig den Grund an, warum ein auf einem Wagen oder fahrenden Schiff senkrecht aufgeworfener Stein wieder auf die Ausgangsstelle zurückkehrt: er hat die Bewegung des Schiffes und behält sie auch in der Luft bei, so daß er seine Bewegung unter dem Einfluß zweier Antriebe ausführt.

In bezug auf die Auffassung des Magnetismus ist zu bemerken, daß er Gilberts *effluvia* durchaus ablehnt, er erkennt nur *virtutes* an und in diesem Falle nennt er sie die Richtkraft *virtus vertens*, die wohl der Erde zukommt, doch nicht so, daß die Erde selbst als ein Magnet angesehen werden müßte, vielmehr sind in der Erde einzelne Magnete verstreut, aber die *virtus* erstreckt sich auch auf die Atmosphäre. In den einzelnen Experimenten: Magnetisierung von Eisenstäben durch den Erdmagnetismus, Bestimmung der Polarität usw. kommt Guericke nicht über Gilbert hinaus. Ebenso unglücklich ist seine Auffassung von der *virtus sonans*, dem Schalle.

Die Luft ist bei ihm nicht die Trägerin von Schallwellen; denn der Schall dringt in alle Körper, auch Wasser, ein und geht in denselben mit großer Geschwindigkeit weiter z. B. durch Balken. Das geringste Geräusch wird durch diese Balken fortgeleitet, was man in der Luft gar nicht hören würde. Obwohl er in seinen Rezipienten festgestellt hat, daß durch den luftleeren Raum kein Schall weitergeleitet wird; obwohl er die Reflexion des Schalles kennt und die Reflexion für das Echo verantwortlich macht, kommt er doch nicht auf die Behandlung von Schallwellen.

Die Wärme besteht in einer virtus calefaciens, die im wesentlichen von der Sonne ausgeht, sobald sie die Erde oder die anderen Planeten berührt, erwärmt sie dieselben, vor allem, wenn sie durch konvexe Linsen auf einen Punkt konzentriert wird; dann kann sie geeignete Körper sogar entzünden. Aber sie kann auch in allen Körpern mit Ausnahme des Wassers durch Reiben erregt werden, auch da kann man die Erregung so steigern, daß sie Feuer erzeugt. Je mehr ein Körper dicht und fest ist, desto aufnahmefähiger ist er für die Wärme. Sie geht auch zerstreut (durch Strahlung) durch die Luft von einem Körper zum anderen. Zum Schluß dieses Kapitels behandelt er dann auch die Glastränen und erklärt sie richtig. Nun wendet er sich zur virtus lucens et colorans. Er unterscheidet da zwischen Lux, dem Lichtstrahl, und dem Lumen, das ist die Beleuchtung. Wenn die Lux der Sonne den Mond berührt, so erzeugt sie das Lumen, welches an der Oberfläche reflektiert wird. Dies reflektierte Licht nennt er sekundäres, denn es hat gegen die Lux der Sonne eine auf die Hälfte reduzierte Intensität. Diese Intensitätsverminderung tritt bei jeder Reflexion auf, so kann man das Licht allmählich so weit durch Reflexion schwächen, daß nichts mehr übrig bleibt. Daher ist es in einem tiefen Schacht dunkel, so daß man von dem Grunde desselben emporblickend die Sterne auch am Tage sehen kann. Erst sehr viel später ist dies Experiment in der Photometrie wieder aufgetaucht. Wenn die

Lux auf einen Körper trifft, so wird sie an der Oberfläche reflektiert, oder der Körper ist durchsichtig, dann geht sie durch den Körper hindurch und kann dabei eine Dispersion erfahren. Die virtus kann aber von einigen Körpern, z. B. dem Bologneser Stein, eine Zeitlang zurückgehalten werden und strahlt dann wieder aus. So erklärt Guericke also die Phosphoreszenz. Die Farben sind bei ihm der Rückprall des Lichtes von den Körpern. Im übrigen schließt er sich an die Aristotelische „Schwarzweißtheorie“ zur Erklärung der Farben an. Er hat auch wohl gesehen, daß die Fixsterne verschieden gefärbt erscheinen, seine Erklärungsversuche sind aber nicht geglückt und konnten nicht gelingen bei dem damaligen Zustand der optischen Forschung.

29. Erde und Mond.

Das fünfte Buch ist der Beschreibung der Erde und des Mondes gewidmet. Auch hierbei unterscheidet sich Guericke vorteilhaft von den meisten seiner Zeitgenossen, die uns solche Beschreibungen hinterlassen haben, dadurch, daß er ganz besonnen, sich der engen Begrenzung seiner Kenntnisse durchaus bewußt, alle phantastischen, anekdotenhaften Schilderungen ausschließt. Damals, und noch längere Zeit nachher, standen hochberühmte Lehrer der Astronomie und Naturwissenschaften noch sehr im Banne der römischen Literatur, eines Plinius, eines Vitruv, welche ein intensives Interesse an fabelhaften Anekdoten haben. Guericke lehnt eine Beschreibung des Erdinneren ab, da die tiefsten Schächte in Salzbergwerken nicht bis zu ein Achtel einer deutschen Meile vorgedrungen sind, während der Erdradius 860 Meilen groß ist, also kein Mensch imstande sei, etwas Zuverlässiges über das Erdinnere auszusagen. Er ist über wirkliche Verhältnisse, so weit sie damals erforscht waren, gut unterrichtet, es fehlt zum Beispiel nicht die Beschreibung des Golfstromes, nicht die bei Quedlinburg 1663 erfolgte Ausgrabung eines Stoß-

zahnes des Narvaes, den man damals als Beweis für die vor-sintflutliche Existenz des Einhorns hielt. Flut und Ebbe beschreibt er richtig, in der Erklärung aber will er die falsche Erklärung Galileis mit der richtigen Keplers vereinigen; denn es ist ihm nicht klar geworden, daß auch die auf der abgewandten Seite der Erde eintretende Flut durch die Attraktion des Mondes entstehen könne. — Die Höhe der Atmosphäre schätzt er auf etwa 500 bis 600 Meilen, doch ist darüber vielleicht noch bis 1000 oder 2000 Meilen eine ganz dünne Schicht, die aber keine nennenswerte Strahlenbrechung mehr leisten kann. Einige Gewißheit über den Zustand der Luft in höheren Schichten kann nur durch Bergbesteigung erreicht werden. Darum interessiert ihn die Beschreibung der Besteigung der hohen Tatra in Ungarn durch David Fröhlich vom Jahre 1615, der freilich die Höhe des Berges sehr überschätzt, aber auf dem Gipfel die interessante Beobachtung macht, daß eine dort abgeschossene Pistole nicht größeren Knall macht als wenn man einen Stock zerbricht, wodurch die außerordentliche Luftverdünnung beim Aufstieg in höhere Regionen bewiesen sei.

30. Kosmische Fragen.

Aus der folgenden Betrachtung des Kosmos, wobei er das Kopernikanische Weltbild als einzig mögliche Anschauung verteidigt, ist nur hervorzuheben, daß er die Sonne zu den Fixsternen zählt und letztere als gleichartig mit der Sonne ansieht, für die Sonne auch eine Rotation um ihre Achse als bewiesen ansieht und meint, die Distanz der Fixsterne zu messen scheitere daran, daß die Dimensionen der Erdbahn um die Sonne verschwindend klein seien, gegenüber dem Abstand der Fixsterne. Von größerem Interesse ist seine Beschreibung des Mondes, er kennt die Untersuchungen von Riccioli vom Jahre 1650 und gibt eine Mondkarte mit den von Riccioli beschriebenen und benannten Bergen. Die Karte, welche er nach seinen eigenen Beobachtungen mit dem Fern-

rohr gezeichnet hat, ist nicht wesentlich schlechter, als die Karten, welche bis zum Ende des achtzehnten Jahrhunderts entworfen sind. Im 17. Jahrhundert meinte man allgemein, der Mond habe auch Meere und Vegetation, dem schließt sich Guericke an. Er weist auch darauf hin, daß kurz nach dem Neulicht, wo die schmale Mondsichel am Spätnachmittage gesehen wird, der von der Sonne nicht beschienene Teil der Mondfläche in einem aschgrauen Lichte erscheint. „Dies Licht ist das von der beleuchteten Erde auf den Mond reflektierte.“ Ebenso wird bei Mondfinsternissen durch die Brechung der Sonnenstrahlen in der Erdatmosphäre einiges Licht auf die verfinsterte Mondscheibe geworfen und gibt ihr verschiedene Färbung, die durch den Zustand unserer Atmosphäre bedingt ist. Die Frage, ob auf dem Monde auch tierisches Leben sei, verneint er; denn der Mond kehrt uns stets die gleiche Hälfte zu, daraus folgt, daß Lebewesen, wie wir sie kennen, dort nicht existieren können, da ihnen der tägliche Wechsel von Tag und Nacht, wie er durch die Stellung zur Sonne bedingt ist, fehlt.

Im Anhang zum fünften Buche gibt Guericke den Briefwechsel aus dem Jahre 1665 bis 66 mit dem polnischen Ritter Stanislaus de Lubienitz wieder, worin er seine Ansicht über die Kometen darlegt. Er hält sie für Gebilde der Erdatmosphäre durch Wirbel entstanden und von der Sonne beleuchtet, so, daß der Schweif nichts anderes ist als eine durch die Brechung der Sonnenstrahlen in diesem Wirbel entstandene Beleuchtung.

Im sechsten Buche folgt eine Beschreibung des Planetensystems; nach Ablehnung des Ptolemäischen und Tycho-nischen Systems legt er das Kopernikanische zugrunde und versucht, die Abstände zu berechnen, was aber nicht richtig wird, denn seine Winkelmessungen sind zu ungenau. Endlich im siebenten Buche berichtet Guericke über die Fixsterne, die er mit der Sonne als wesensgleich ansieht. Er zeigt hier eine ziemlich ausgedehnte Belesenheit in den Werken älterer Autoren. Von den Gleichzeitigen hat er leider wesentlich die

Herren zweiter Größe, wie Kircher, Cabaeus usw. berücksichtigt. Es war damals ein beliebtes Problem, über die Endlichkeit oder Unendlichkeit der Welt zu diskutieren. Das Argument römischer Mönche, es gäbe nur eine endliche begrenzte Welt, weil in der Bibel nur von dieser einen Welt berichtet sei, lehnt Guericke ab, da 1. in der Bibel weder stehe, daß sie endlich noch unendlich sei, und 2. die Bibel gar keine Unterweisung geben wolle über solche Fragen. Er beruft sich dabei auf Augustins bekannten Satz: *quid enim me jubes credere, si possum scire?* Dann setzt er auseinander, daß freilich die Entfernung der Fixsterne von dem Sonnensystem sehr groß sei, so habe de Reita dieselbe auf mindestens 20 Millionen Erdradien geschätzt, dagegen Kepler auf 143 Millionen, Wendelin auf 605 Millionen, aber das seien in dem unendlichen Raume ganz verschwindende Größen. Er meint auch, man müsse als Maßeinheit für solche Abstände die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne annehmen, da der Erdradius viel zu klein sei, um einen Winkel messen zu können. Seinen eigenen Berechnungen legt er aber viel zu kleine Werte für den Erdbahndurchmesser zugrunde, daher haben sie keine Bedeutung. Von Wert ist aber, daß er die einzelnen Fixsterne für selbständige, selbstleuchtende Körper ansieht, die eventuell auch Mittelpunkte eigener Planetensysteme sein können, die sehr verschiedene Entfernungen voneinander und von uns haben. Es ist eine müßige Frage, wo die Grenze der Sternenwelt sei. Wer hätte vor Erfindung der Fernrohre geglaubt, daß der Jupiter und der Saturn auch Monde habe, jetzt hätten die Fernrohre uns diese Monde gezeigt. So können auch außerhalb der von uns gesehenen Sterne sehr wohl weitere Himmelskörper vorhanden sein, die wir aber mit unseren Fernrohren nicht sehen könnten. Zum Schluß aber endet er mit einer Theodice: denn aus diesen ungezählten Fernen der Himmelskörper erkennen wir die unendliche Majestät Gottes, des Schöpfers und Erhalters aller dieser Welten.

Schlußwort

Überschauen wir zum Schluß noch einmal, was Otto von Guericke bedeutet hat, so erscheint er uns zunächst als ein hervorragend begabter Mensch. Sein Charakter ist wesentlich durch die Ausdauer bei Verfolgung eines Zieles, durch rastlose Tätigkeit unter Hintansetzung aller Rücksichten auf eigenes Wohlbefinden ausgezeichnet. Das hat er in seiner politischen Arbeit bewiesen. Immer wieder versucht er, dem Rechte seiner Vaterstadt zum Siege zu verhelfen und als er einsieht, daß gegen die Gewalt nichts auszurichten ist, tritt er von der politischen Bühne ab. Das Schicksal seiner Vaterstadt zeigt, daß trotz der Friedensverträge, damals die Machtpolitik ebenso, unbekümmert um die rechtlichen Verhältnisse, herrschte, wie gegenwärtig. Daß Guericke darunter sehr gelitten hat, bezeugen seine Briefe. Er war nicht nur ein kluger Mann, sondern auch eine tief empfindende Natur, das zeigt sich besonders in seiner Lebensgemeinschaft mit seiner Mutter, die, nachdem sie zum zweiten Male Witwe geworden war, in sein Haus zog und dort mit liebevoller Verehrung gepflegt wurde. Die wissenschaftliche Bedeutung Guericques ist nicht erschöpft mit der Aufzählung aller seiner Erfindungen und Entdeckungen, sondern durch die von allen phantastischen Annahmen und Beschreibungen freie Auffassung der Experimente. Am nächsten verwandt ist ihm in dieser Beziehung der um etwa 20 Jahre jüngere Huygens. Beide zeichnen sich aus durch die sorgfältige Durchführung von Experimenten und dadurch, daß sie neue Entdeckungen nach allen Bedingungen systematisch untersuchen und Resultate nicht eher aussprechen, als bis dieselben durch Messungen festgelegt sind. So müssen wir Guericke als einen der bedeutendsten Begründer der neuen Physik bezeichnen und können nur bewundern, daß dieser in die Wirren des 30jährigen Krieges so persönlich verstrickte Mann die Zeit und die Kraft fand, in der wissenschaftlichen Forschung so großes zu leisten.

Sachregister.

- Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe 42.
 Ärostatik 49.
 Annexion von Magdeburg 5.
 Anziehung und Abstoßung, elektrische 52.
 Archimedessches Prinzip für Luft 39.
 Astrolabum 8.
 Atmosphäre 33 u. 60.
 Atmosphärische Strahlenbrechung 61.
 Barometer 36.
 Bergbesteigung und Luftverdünnung 60.
 Brechung des Lichtes 6.
 Dasymeter 44.
 Elastizität der Luft 10, 21 u. 44.
 Elektrizitätslehre Gilberts 50.
 Elektrisiermaschine 51.
 Erdinneres 59.
 Erdmagnetismus 50 u. 57.
 Experimenta nova 17.
 Fallgesetze 56.
 Fixsterne 60.
 Flammen als Entlader der Elektrizität 52 u. 54.
 — im Rezipienten 35.
 Flaumfederversuch 51.
 Flut und Ebbe 59.
 Funkenentladung 54.
 Golfstrom 59.
 Heber 10 u. 38.
 Himmel 22.
 Horror vacui 11.
 Influenz, elektrische 54.
 —, magnetische 57.
 Kometen 61.
 Kondensation der Luft 23.
 Kopernikanisches System 60.
 Kräfte der Natur 55.
 Lebenslauf Otto v. Guericke's 2.
 Lebewesen im Rezipienten 36.
 Leitung der Elektrizität 53.
 Lichttheorie 58.
 Luftblasen im Barometer 12 u. 32.
 Luftdruck 42.
 Luftleere Torricellis 11.
 Luftpumpe Boyles 45.
 —, in Köln 8.
 —, erste Art 14.
 —, zweite Form 19.
 —, dritte Form 27.
 Magdeburger Halbkugeln 29.
 De Magnete Gilberts 9.
 Magnetisierung 57.
 Manometer 46.
 Mond 59.
 Nebelbildung 34.
 Odor 23.
 Osnabrücker Friedensverhandlungen 4.

-
- | | |
|---|---|
| Pendelschwingung 10 u. 56. | Virtutes 55. |
| Politische Tätigkeit 2. | Virtus calefaciens 58. |
| Privilegien Magdeburgs 7. | — colorans 58. |
| Prodromus Keplers 9. | — lucens 58. |
| | — sonans 57. |
| Raum, leerer 11 u. 24. | |
| —, schädlicher 16. | |
| Saugen 43. | Wasserbarometer 36. |
| Schall in Rezipienten 35. | Wasserdampf in der Luft 33. |
| Schotts Mechanik 13. | Wasser, luftleeres 31. |
| — Technik 19. | Wasserhammer 32. |
| Schropfköpfe 43. | Wasserpumpe 38. |
| Schwere der Luft 16. | Wasserwage 8. |
| Sonnenfleck 22. | Wetterprophezeiung 39. |
| Spitzenwirkung, elektrische 54. | Widerstand der Luft 56. |
| Strahlenbrechung in der Atmo-
sphäre 61. | Wurfgesetze 57. |
| Thermometer 47. | Zeitbestimmung der physik. Ar-
beiten 7. |
| Tod Otto von Guericke 6. | Zerstörung Magdeburgs 2. |
-

Namenverzeichnis.

- Ahrens 30.
 Alemann 3.
 Archimedes 44.
 Aristoteles 10, 22, 59.
 Arnold 28.
 Auersberg, Fürst 41.
 August von Sachsen 4.
 Augustin 62.
 Beireis 28, 29.
 Berthold 9.
 Biedersee 8, 29.
 Bose 54.
 Boyle 19, 28, 45, 46, 47.
 Cabaeus 61.
 Christine von Schweden 4.
 Cornaeus, Melchior 17.
 Descartes 10.
 Droysen 5.
 Du Fay 53, 54.
 Dungarvan, Lord 45.
 Falkenberg, von 3.
 Fay, Du 53, 54.
 Ferdinand III 41.
 Fröhlich 60.
 Galilei 10, 11, 47, 56, 59.
 Gay-Lussac 34.
 Gericke, Hans 2.
 Gericke, Wesseke 2.
 Gilbert 9, 50, 57.
 Gray 54.
 Guericke, Otto von 2, 5ff.
 Gustav Adolf 3.
 Hausen 53.
 Helmont, van 23.
 Heraeus 30.
 Heron 10, 11, 47.
 Hindenburg 8.
 Hoffmann 7.
 Hooke 45.
 Huygens 21, 63.
 Johann XXII 4.
 Jansonius van Waesberge 18, 21.
 Kepler 9, 21, 56, 59, 62.
 Kircher 13, 17, 22, 56.
 Klingkowström, Graf 30.
 Kopernikus 21.
 Kramp 8.
 Leopold I. 5.
 Leonardo da Vinci 11.
 Lubienitz 61.
 Mersenne 56.
 Newton 9.
 Oersted 33.
 Oettingen, von 5.
 Otto d. Große 4, 7.
 Oxenstierna 4.
 Pappenheim 3.
 Pascal 43.
 Philon 47.
 Platon 10.
 Plinius 59.
 Priestley 19.
 Ptolemaios 21.
 Pythagoras 21.
 De Reita 62.
 Riccioli 60.
 Sagredo 47.
 Sanctorius 47.
 Scheiner 56.
 Schott 13, 18, 19, 20, 27, 30, 38, 39, 45, 49.
 Tilly 3, 7.
 Torricelli 11, 12, 36, 47.
 Triewald 30.
 Tycho 21.
 Valerianus, Magnus 11, 12.
 Vitruv 59.
 Wall 54.
 Waesberge, van 18, 21.
 Zucchi 17.
 Zweidorff, von 2.

